# فيزياء الكون الحديثة

الدكتور
محمد هاشم البشير محمد



www.daralhamed.net




# فيزياء الكون الحديثة

# فيزياء الكون الحديثة


الدكتور

محمد هاشم البشير محمد



الطبعة الأولى

1432هـ - 2011م

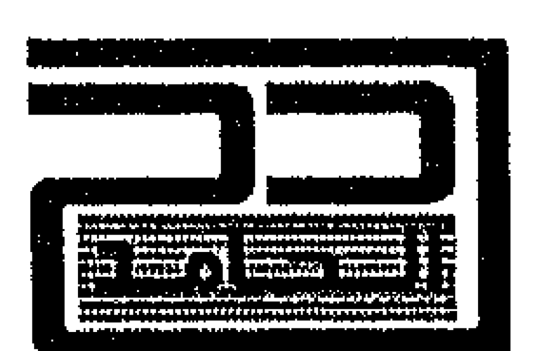



المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
( 2010 / 7/ 2629)

520
❁ محمد، محمد هاشم البشير
❁ فيزياء الكون الحديثة/محمد هاشم البشير محمد
.- عمان : دار ومكتبة الحامد للنشر والتوزيع، 2010
( ) ص .
❁ ر. إ. : (2010/ 7/2629 ) .
❁ الواصفات :الفيزياء الفلكية//علم الفلك//النجوم
*يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

❖ أعدت دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية .

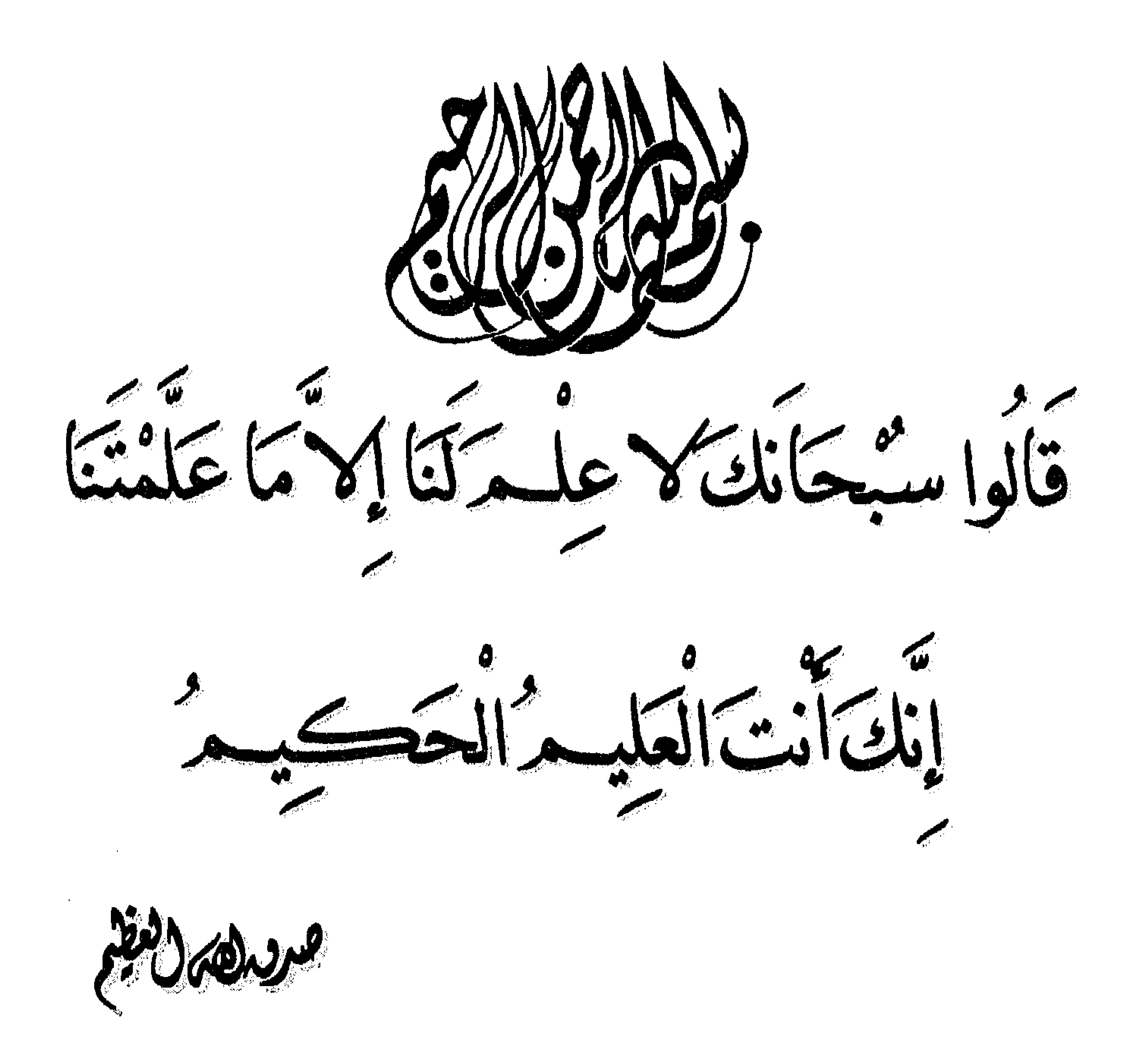
* (ردمك) ISBN 978-9957-32-535-0



دار الحامد للنشر والتوزيع

شفا بدران – شارع العرب مقابل جامعة العلوم التطبيقية
هاتف: 5231081 -00962 فاكس : 5235594 -00962
ص.ب . (366) الرمز البريدي : (11941) عمان – الأردن

Site : www.daralhamed.net
E-mail : info@daralhamed.net
E-mail : daralhamed@yahoo.com
E-mail : dar_alhamed@hotmail.com




سورة البقرة: الآية (32)

# الإهداء

إلى والديَّ...

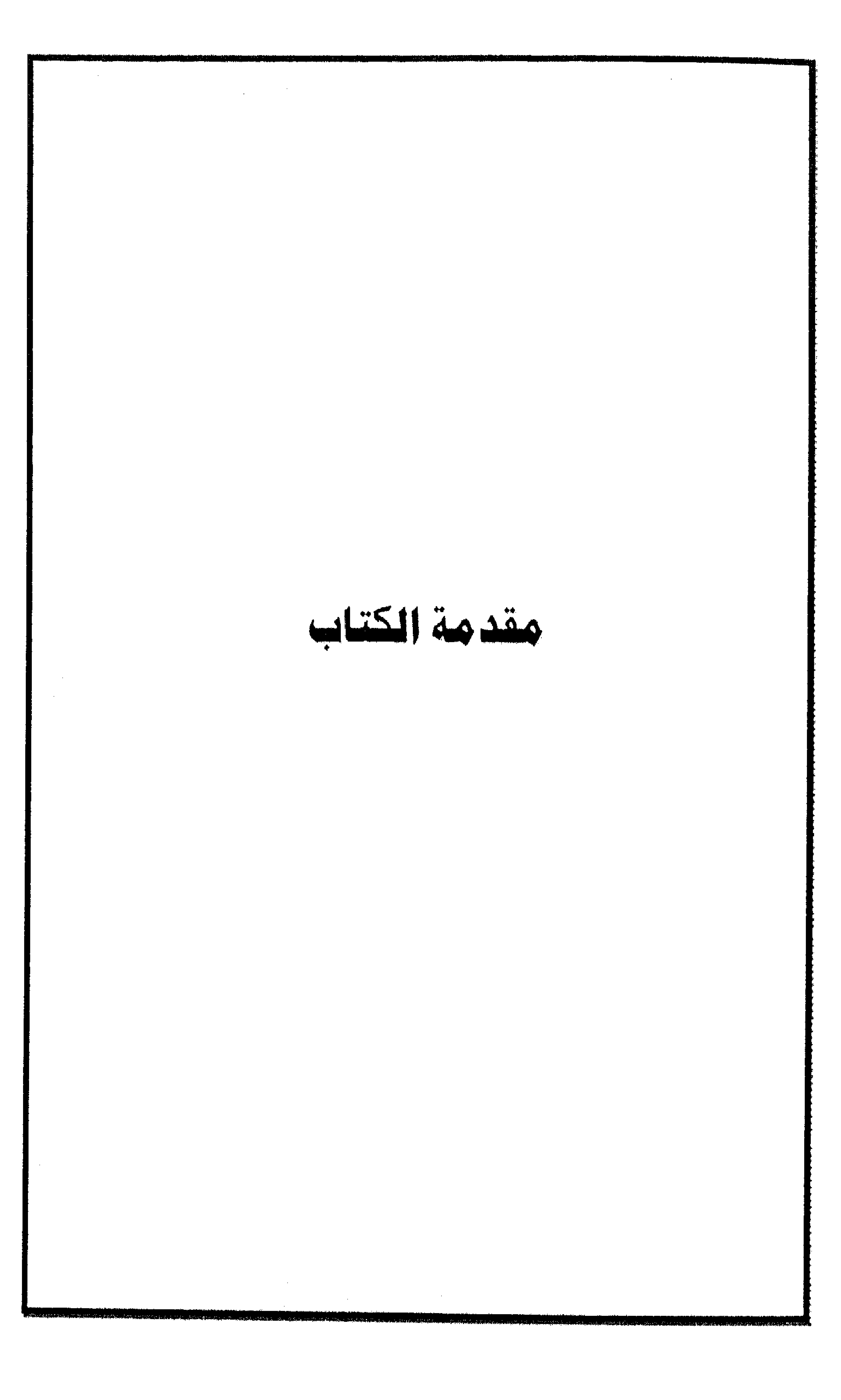
# محتويات الكتاب

# المحتويات

| الموضـــــوع | الصفحة |
| --- | --- |

الموضـــــــــوع الصفحة

**الموضــــــــوع**　　　　**الصفحة**



# مقدمة الكتاب

# مقدمة الكتاب

## المقدمة

إن فيزياء الكون كأحد فروع الفيزياء الفلكية هو دراسة البنية الواسعة النطاق للفضاء الكوني ويحاول هذا العلم الإجابة عن الأسئلة الأساسية التي تخص الكون وتشكله وتطوره. وذلك بدراسة حركات الأجسام والأجرام النجمية والسماوية. ولقد كانت هذه المجالات كانت لفترة طويلة من اختصاص الفلسفة وتحديدا علم ما بعد الطبيعة أو الميتافيزيقيا، لكن منذ عهد كوبرنيك، أصبح العلم هو من يحدد كيفية حركة النجوم ومداراتها وليس التفكير الفلسفي البحت.

وبالرغم من أن التطور الفعلي لفهم الكون بصورته الحديثة بدأ في القرن العشرين بعد ظهور نظريتي النسبية لآينشتاين وتحديدا النسبية العامة التي تتحدث عن شكل الفضاء الكوني وهندسته، والتنبؤات الدقيقة التي أكدتها أجهزة الأرصاد الفلكية فيما بعد إلا أن علاقة الإنسان بالكون بدأت منذ القدم فالإنسان منذ نشأته دائم التطلع إلى السماء عبر حاسة الإبصار وبعينه المجردة وبتطور الوسائل العديدة ومنذ عهد الإسطرلاب وتلسكوب جاليليو تطورت نظرة الإنسان للكون كما تطورت أسئلته حول الكون وذادت عمقاً.

جاء هذا الكتاب تلبية لرغبة للقارئ العربي لتعرف على أهم النظريات العلمية الحديثة في فهم الكون مثل نظرية التباطؤ، ونظرية الانسحاق العظيم، و نظرية الكون المتذبذب و نظرية الانفجار العظيم، ونظرية الاوتار الفائقة ونظرية الكون المدور .

ويزيد الكتاب عمقاً أن أفردنا الفصل الثاني لفيزياء النجوم والمجرات الشاذة ومابين النجوم والوسط البينجمي ومكونات الوسط البينجمي وتأثير الغلاف البينجمي على النجوم وتكون النجوم وغيرها من القضايا المهمه في فيزياء النجوم.

في الفصل الثالث والذي أسميناه الثقوب الكونية تناولنا بشيء من التفصيل الثقوب السوداء والثقوب البيضاء والثقوب الدودية وكل ما يتعلق بها من نظريات فيزيائية .

وأفردنا فصلاً كاملاً للكوازرات ثم كان الفصل الخامس حول الجسيمات كونية مثل النيوترينو .

ومن جهة أخرى تجدر بنا الإشارة هنا إلى أن القرآن الكريم كتاب هداية أنزله الله سبحانه وتعالى لتوضيح أمور لا يستطيع عقل الإنسان وحده أن يعلمها مثل جوهر الإيمان والعبادات ومبادئ الأخلاق والقوانين التي تحكم تعاملات الناس بعضهم مع بعض وغيرها من التشريعات .

بالإضافة إلى هذه الأمور، فإن القرآن الكريم يتعرض بإشارات إلى الكون بما فيه من السماوات والأرض وعناصرها المتعددة وسكانها وظواهرها في أكثر من 1000 آية بهدف الاستشهاد بقدرة الخالق - عز وجل - وعلمه وحكمته تعالى الذي خلق هذا الكون والقادر أن يخسف به ثم يعيده تارة أخرى .

فأسأل الله أن يكون طلبنا للعلم تقرباً لله عز وجل ومدعاة للتفكر في خلقه وبديع صنعه سبحانه

**وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم**

# الفصل الأول

## نظريات الكون الحديثة

# الفصل الأول

## نظريّـــــات الكون الحديثة

- نظرية التباطؤ
- نظرية الانسحاق العظيم
- نظرية الكون المتذبذب
- نظرية الانفجار العظيم
  - فرضية نظرية الانفجار العظيم
  - اختبار فكرة الانفجار العظيم
  - ظاهرة دوبلر ونظرية الانفجار العظيم
  - فرضيات الكسندر فريدمان
  - الخط الزمني للانفجار العظيم
  - محاولات إثبات صحة نظرية الانفجار العظيم
- نظرية الأوتار
- تفسير تكوين المجرات بنظريَّة الأوتار الكونية
- الجدول الزمني لنشوء نكرة الأوتار الفائقة
- الصعوبات المواجهة لنظريّات الأوتار
- نظريَّة الكون المدور
- النظريَّة الخيطيَّة

# الفصل الأول
## نظريات الكون الحديثة

إن من أهم النظريات الحديثة للكون هي:

1. **نظرية التباطؤ:**

وتشير هذه النظرية إلى أن الكون مستمر بالتوسع؛ وأن كل شيء فيه سيضمحل تدريجياً. وفي النهاية سيصبح الكون عبارة عن سديم من الجسيمات الباردة.

2. **نظرية الانسحاق العظيم:**

تنص هذه النظرية على أن الكون إذا كان يحتوي على مادة أكثر مما نعرف فإن قوة شدّ، تسمى الجاذبية، تبطئ في النهاية توسع الكون؛ وستجذب كل شيء إلى الوراء إلى أن تتصادم المجرات وتتحطم. عندئذ سيحدث الاصطدام العظيم.

3. **نظرية الكون المتذبذب:**

تعتمد هذه النظرية القول القائل بأن الكون يعمل كالقلب. ويعتقد أنصار هذه النظرية أن الكون يتمدد، ثم ينكمش، ثم يتوسع مجددا، وهكذا دواليك. وكل انفجار عظيم يكون متبوعا بانسحاق عظيم، في دورة متكررة، أي: انفجار عظيم، ثم انسحاق عظيم، ثم انفجار عظيم.

4. **نظرية الانفجار العظيم Big Bang**

في عام1927 عرض العالم البلجيكي: "جورج لوميتر" (Maitre George Le) نظرية الانفجار العظيم والتي تقول بأن الكون كان في بدء نشأته كتلة غازية عظيمة الكثافة واللمعان والحرارة، ثم بتأثير الضغط الهائل المتأتي من شدة حرارتها حدث انفجار عظيم فتق الكتلة الغازية وقذف بأجزائها في كل اتجاه، فتكونت مع مرور الوقت الكواكب والنجوم والمجرّات.

**فرضية نظرية الانفجار العظيم :**

إن الكون كله كان متمركزا في نقطة واحدة ، أطلق العلماء عليها اسم( الذرّة البدائية ) ، وقد أحدث الانفجار كرة نارية هائلة جداً وذلك قبل حوالي (15000) مليون عام، تبردت مع الزمن وشكلت جسيمات بالغة الصغر تدعى المادة، وكل شيء في الكون مكون من هذه الجسيمات الدقيقة . انتشرت الجسيمات وبدأ الكون في التوسع وتشكلت مع الوقت سحب كثيفة من غازي الهيدروجين والهيليوم شكلت فيما بعد كتل كثيفة ، وبدأت المجرات بالتشكل من تبرد الكتل الغازية الكثيفة، وبسبب كثافة الكون وقتها ، كان الضوء غير قادر على الانتقال بعيداً فيه، لذلك كان الكون مظلماً ، وبعد مضي بضعة آلاف من السنين انخفضت درجة الحرارة إلى بضع آلاف من الدرجات وشيئا فشيئاً انقشع الضباب وانتقل الضوء لمسافة أبعد الأمر الذي جعل الكون شفافاً إلى أن وصل إلى ما هو عليه الآن .

إن نظرية الانفجار العظيم Big Bang تعد حالياً التفسير المقبول من قبل أغلب العلماء حول نشوء الكون، وتقول بأن الكون بأجمعه كان يتكون من كتلة كثيفة ساخنة، وحدث الانفجار الكبير قبل 13.7 مليار سنة، ومنذ تلك اللحظة بدأ الكون بالتمدد وبدأت درجة حرارته بالانخفاض، وتعتمد النظرية على معادلات رياضية يطلق عليها معادلات المجال ضمن نظرية النسبية العامة التي جاء بها أينشتاين عام 1915م.

**اختبار فكرة الانفجار العظيم:**

احد الأسباب التي أقنعت العلماء بصحة هذه النظرية هي تلك الإشارة الضعيفة الشبيهة بالصدى والتي تم التقاطها من الفضاء عبر تلسكوبات راديوية قوية جداً، وقد تكون تلك الإشارة صادرة من كرة النار القديمة التي انتشرت في الفضاء بعد الانفجار العظيم .وقد تم رصدها في عام 1840 على يد عالم الفلك

الأمريكي (من أصل روسي) جورج غاموف (Gamov George) "، مما مهد الطريق لكل من العالمين "بانزياس" Penziaz و"ويلسون" Wilson سنة 1964 اللذين التقطا موجات راديو منبعثة من جميع أرجاء الكون لها نفس الخصائص الفيزيائية في أي مكان سجلت فيه، لا تتغير مع الزمن أو الاتجاه، فسميت "النور المتحجّر" أي النور الآتي من الأزمنة السحيقة وهو من بقايا الانفجار العظيم الذي حصل في الثواني التي تلت نشأة الكون.وفي سنة 1989 أرسلت وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" (NASA) قمرها الاصطناعي explorer Cobe والذي أرسل بعد ثلاث سنوات معلومات دقيقة تؤكد نظرية الانفجار العظيم وما التقطه كل من بنزياس وويلسن . وقد خمن علماء الفلك أنه إذا كان الكون يحتوي فقط على المادة التي يعرفونها، فإنه كان سيتوسع بسرعة بعد الانفجار العظيم لدرجة لا تسمح بتشكل المجرات ، وهذا معناه انه من اجل صحة النظرية يجب أن يحتوي الكون على كمية من المادة أكبر بكثير مما نعرفه عنه حالياً، حيث يعتقد العلماء أنه ما يعرفونه عن الكون لا يتعدى 10٪ فقط والباقي بانتظار اكتشافه.

- إذا كان بدء نشوء الكون قبل حوالي 18 بليون سنة فينبغي ألا يكون هناك شيء في الكون يزيد عمره عن ذلك. فالأرض مثلاً يقدر عمرها بحوالي 4.6 بليون سنة، وهذه تتفق بشكل جيد مع عمر توسع الكون.
- هناك طريقة أخرى نستطيع بواسطتها تقدير مولد النجوم بتقدير عمر العناصر الكيميائية فيها، فكل العناصر باستثناء الهيدروجين والهيليوم تولدت بواسطة تفاعلات نووية داخل نجوم ثقيلة جداً تكونت بعد تكون مجرتنا بقليل. وهذه النجوم عاشت فترة قصيرة وبعدها انفجرت ناثرة عناصرها الكيميائية في كل مكان، ودخل بعض هذه العناصر في النهاية في الغيوم المكونة من الغاز والغبار الذي كون النظام الشمسي.

إن أعمار هذه الذرات مثل اليورانيوم والثوريوم يمكن تقديرها بطريقة تعتمد على نشاطها الإشعاعي، فهذه الذرات يحصل لها اضمحلال إشعاعي مع الزمن. ومقدار هذا الاضمحلال يعطينا فكرة عن عمرها. وقد بينت دراسات الاضمحلال الإشعاعي لهذه الذرات أن عمرها يقدر بما بين 7 بلايين و 15 بليون سنة. لذا فإن عمر الذرات يتفق مع زمن توسع الكون بحدود الدقة التجريبية.

ودليل آخر على صحة نظرية الانفجار العظيم أتى من دراسة نسبة وجود الهيليوم في الكون. فإن التركيب الكيمياوي لكوننا هو – بالنسب الكتلية – 74٪ هيدروجين و 24٪ هيليوم تقريباً مع القليل من العناصر الأخرى.

إن كل هذا الهيدروجين ومعظم الهيليوم قد تكونا في الكرة النارية الابتدائية الحارة بعد زمن قليل من نشوء الكون، فقد كانت درجة حرارة الكرة النارية ألف مليون درجة مئوية عندما كان عمر الكون ثلاث دقائق. وفي درجة الحرارة هذه تعرض الهيدروجين للاندماج النووي فأدى إلى تكون الهيليوم.

وقد بينت الدراسات أن التفاعل النووي هذا أدى إلى توفر 75٪ هيدروجين و 25٪ هيليوم. وهذا يتفق وبشكل جيد مع ما هو موجود حالياً[1] مما يؤكد صحة نظرية الانفجار العظيم من جسم ابتدائي.أما عن مستقبل الكون هل سيستمر في التوسع أم أنه سيتقلص؟ فهذا يعتمد على الكثافة الكتلية للمادة في الكون، ولم يتمكن العلماء بعد من حسابها بدقة. وعسى أن نسلط الأضواء على هذا الموضوع في مقال آخر إن شاء الله.

**ظاهرة دوبلر ونظرية الانفجار العظيم:**

في ظاهرة دوبلر : يختلف التواتر للأمواج الصادرة عن منبع موجي ما باختلاف شدة وسرعة هذا المصدر ، فمثلا السيارة التي تقترب باتجاهك تكون ذات صوت عالي حاد (تواتر مرتفع) لكن نفس السيارة تصبح ذات صوت أجش (تواتر منخفض) بعد أن تجتازك وتبدأ بالابتعاد عنك. فتواترت الأمواج الصوتية تختلف حسب سرعة المصدر وسرعة الصوت في الهواء والاتجاه بينك وبين المصدر ، لأنه في حالة اقتراب المصدر منك (الراصد) يصلك شيئا فشيئا مقدار أكبر من الأمواج فترصد تواترا أعلى لأمواج الصوت لكن حينما يبتعد المصدر عنك تتلقى تواترا منخفضا.

ينطبق نفس هذا المبدأ على الأمواج الضوئية فإذا كان المنبع الضوئي يبتعد عنا فهذا يعني أن تواترت الأمواج المستقبلة ستكون أقل ، أي منزاحة نحو الأحمر أما إذا كان المنبع يقترب فستكون الأمواج الضوئية المستقبلة منزاحة نحو الأزرق (البنفسجي).

التصور البدئي كان يعتقد أن المجرات تتحرك عشوائيا وبالتالي كان التوقع أن عدد الانزياح نحو الأحمر سيساوي الانزياح نحو الأزرق وسيكون المحصلة معدومة (لا انزياح) لكن رصد هابل بجدولة أبعاد المجرات ورصد طيوفها مثبتا أن جميع المجرات تسجل انزياحا نحو الأحمر أي أن جميع المجرات تبتعد عنا ، أكثر من ذلك أن مقدار الانزياح نحو الأحمر (الذي يعبر هنا عن سرعة المنبع الضوئي أي المجرة) لا يختلف عشوائيا بين المجرات بل يتناسب طردا مع بُعد المجرة عن الأرض ، أي أن سرعة ابتعاد المجرات عن الأرض تتناسب مع بعدها عن الأرض. العالم ليس ساكنا كما كان الاعتقاد سائدا وإنما آخذ في الاتساع. كانت مفاجأة أذهلت العديد من العلماء.

رغم أن ظاهرة التثاقل الموجودة في الكون كانت كافية لتدلنا أن الكون لا يمكن إن يكون سكونيا بل يجب أن يتقلص تحت تأثير ثقالته ما لم يكن أساسا متوسعا أو يملك قوة مضادة للجاذبية، فإن نيوتن لم يناقش هذه الحالة وحتى أينشتاين رفض فكرة كون غير سكوني حتى أنه أضاف ثابتا كونيا يعاكس الثقالة ليحصل على كون سكوني. الوحيد الذي قبل النسبية العامة كما هي وذهب بها إلى مداها كان ألكسندر فريدمان. وضع ألكسندر فريدمان فرضيتين.

**فرضيات ألكسندر فريدمان:**

- الكون متماثل في جميع مناحيه
- جميع نقاط الرصد متشابهة ويبدو منها الكون بنفس حالة التماثل (فلا أفضلية لموقع رصد على آخر).
- نتيجة ذلك حصل فريدمان على ثلاثة نماذج تناقش حركية الكون وإمكانيات توسعه وتقلصه.

**الخط الزمني للانفجار العظيم:**

يصف الخط الزمني للانفجار العظيم الأحداث طبقا للنظرية الأكثر قبولا من قبل الفيزيائيين بشأن الانفجار العظيم. وطبقا للمشاهدات العملية يبدو أن الكون بدأ التكون منذ 13.7 مليار سنة. ومنذ ذلك الوقت يعتقد أن الكون مر بثلاثة مراحل في تكوينه. والجزء من تلك المراحل الذي لا زال غامضا وليس معروفا هو الجزء من الثانية الأولى بعد الانفجار وهي فترة كان فيها الكون شديد الحرارة بحيث كانت الجسيمات الأولية ذات طاقات عالية جدا تفوق ما وصلت إليه معجلات الجسيمات التي لدينا اليوم. وبناءاً على ذلك فالمواصفات الأساسية التي وصلنا إليها اليوم عن الانفجار العظيم إنما هي مبنية على الظن بجانب مشاهدات في الكون حولنا.

وبعد مرور ذلك الجزء من الثانية الأولى بدأ الكون يتشكل ويتطور طبقاً لمعرفتنا في أطار فيزياء الطاقة العالية. وفي هذه المرحلة وهي الفترة التي تكون فيها

أول البروتونات، والإلكترونات والنيوترونات، وكونت هذه أنوية ذرات. وبتكون الهيدروجين المتعادل كهربيا ظهر إشعاع الخلفية الميكروني الكوني والذي نستطيع قياسه اليوم بأجهزتنا.

وبعد تكون الهيدروجين، بدأ يتجمع مكوناً نجوم ومجرات وكوزارات، وعناقيد من المجرات وعناقيد مجرات هائلة.

جميع الأفكار المتعلقة بتكوين الكون في لحظاته الأولى إنما تنبع من الظن، وذلك بسبب عدم معرفتنا بخواص الجسيمات الأولية المتكونة في البدء ذات الطاقات العالية جدا، تفوق ما نقوم بدراسته اليوم في معجلاتنا للجسيمات. وتختلف وجهات نظر الباحثين والعلماء في هذا المضمار اختلافا كبيراً. فتوجد تصورات ونماذج مثل الحالة الأولية طبقا لهارتل - هوكينج، كما اقترحت نماذج التضاريس الوترية، والانتفاخ الكوني، وتصور الغاز الوتري، وغيرها. وتتلاقى بعض تلك التصورات مع أخرى ومنها ما لا يتفق مع تصور آخر.

**نستطيع أن نقسم الخط الزمني للانفجار العظيم كما يلي:**

**فترة بلانك:**

فترة بلانك تغطي الفترة الزمنية من $10^{-43}$ إلى $10^{-35}$ ثانية بعد حدوث الانفجار العظيم، تنخفض درجة الحرارة خلال هذه الفترة من $10^{32}$ إلى $10^{27}$ كلفن.

في هذه اللحظة التي تعرف بفترة زمن بلانك تنفصل قوة الثقالة (الجاذبية) عن القوى الثلاثة الأخرى التي تعرف مجتمعة بالقوة الإلكترونووية. من المفترض أن تقوم النظرية الكاملة للثقالة الكمومية مثل نظرية الأوتار الفائقة بفهم جميع هذه الأحداث المبكرة جداً لكن التفسيرات التي تقدمها نظرية الأوتار ما زالت محدودة.و يقدر قطر الكون في هذه اللحظة من عمر الكون ب $10^{-35}$ م وهو ما يعرف بطول بلانك.

**فترة التوحيد الكبير:**

تغطي هذه الفترة زمنا يمتد من $10^{-35}$ إلى $10^{-12}$ ثانية بعد الإنفجار العظيم. يقدر انخفاض درجة الحرارة في هذه الفترة من $10^{27}$ كلفن إلى $10^{15}$ كلفن.

في هذه الفترة من الزمن الممتدة من $10^{-35}$ ثانية و $10^{-33}$ من المعتقد أن يتمدد الفضاء الكوني إلى حجم يقدر ب : $10^{-32}$ متر إلى $10^{-22}$ متر. هذه الفترة على غاية من الأهمية بالنسبة لتخليق المادة حيث يكون سلوك التآثر الكهرومغناطيسي وقوى التآثر الضعيف متماثلاً بالنسبة للمادة والمادة المضادة، حيث أن هاتين القوتين مندمجتين ومن المفروض أن تسلكان سلوك قوة وحيدة. وتقترح نظريات التوحيد الكبرى أن هذه الحالة الاندماجية لهاتـــــين القوتين تسمحان بتكوين جسيمات ثقيلة تسمى بوزونات هيجز .وأن التفاعلات الجسيمية تؤدي إلى تشكل المادة أكثر من المادة المضادة. في المراحل اللاحقة حين يحدث الانفصال، يكون من المتعذر تأمين تكون المادة بأغلبية تفوق المادة المضادة ،ذلك لأن التقاء كل جسيم بنقيضه يؤدي إلى فنائهما ،أو بمعنى أصح تحولهما ثانيا إلى طاقة.

**مرحلة التأثر الضعيف:**

بين $10^{-36}$ و $10^{-12}$ ثانية بعد الانفجار العظيم

خلال تلك الفترة تنخفض درجة حرارة الكون إلى $10^{28}$ كلفن بحيث تسمح لانفصال القوة الشدية (تآثر قوي عن قوى التأثير الكهرومغناطيسي والتأثر الضعيف . ويؤدي طور الانفصال هذا إلى الانتفاخ الكوني حيث يتزايد حجم الكون تزايدا أسياً. وبعده تكون الجسيمات لا زالت على درجة عالية من الطاقة بحيث تنتج أعداداً كبيرة من الجسيمات الغريبة الثقيلة من ضمنها بوزونات W وبوزون Z وكذلك بوزون هيج.

### مرحلة الانتفاخ :

بين $10^{-36}$ ثانية و $10^{-32}$ ثانية بعد الانفجار العظيم.

لا نعرف بالضبط الوقت الذي حدث فيه الانتفاخ. ويفترض أن الكون خلال الانتفاخ كان مسطحاً، أي أن انحناء الفضاء المتري كان مستوياً بحيث يشكل طوراً متساوي التوزيع متوسعاً بسرعة فائقة، يتشكل من خلالها أنوية التكوين البنائي الكوني الأولى. وتتحول بعض طاقات الفوتونات إلى جسيمات غير مستقرة مثل الكواركات وهادرونات ثقيلة تتحلل سريعاً.

وطبقا لأحد التصورات أن الكون كان بارداً وفارغاً قبل دخوله مرحلة الانتفاخ، وأن الحرارة الشديدة والطاقة العالية المصاحبة للمراحل الأولى للانفجار العظيم قد نشأت نتيجة تغير الطور الذي صاحب نهاية الانتفاخ.

### ارتفاع الحرارة:

خلال الارتفاع الجديد في درجة الحرارة تنتهي مرحلة الانتفاخ السريع وتتحلل طاقة الوضع للانتفاخ إلى بلازما من الكواركات والجلوونات الساخنة جدا. إذا اعتبرنا أن التوحيد الكبير لقوانين الطبيعة خاصية فعلية من خصائص عالمنا، فلا بد للانتفاخ الكوني أن يحدث خلال مرحلة التوحيد هذه أو بعدها حيث ينكسر التناظر، وإلا لوجب وجود أقطاب مغناطيسية منفردة في الكون المرئي. وعند تلك المرحلة يكون الكون مليئا بالإشعاع، والكواركات والإلكترونات والنيوترينوات.

### تخليق الباريونات:

لا توجد حتى الآن أي شواهد تفسر ظاهرة وجود الكثير من الباريونات في الكون عن مضادات الباريونات. ومن أجل تفسير ذلك لا بد من تحقق الظروف التي أشار إليها العالم الروسي زاخاروف في زمن بعد حدوث الانتفاخ. ورغم أن التصورات التي يمكن أن تؤدي إلى تلك الظروف قد شوهدت في تجارب أجريت على الجسيمات، إلا أن نتائج تلك التجارب بيّنت كسراً للتناظر أقل بكثير من أن تفسر الكسر الكبير الحادث للتناظر في الكون المرئي.

التناظر في تكون المادة ومضاد المادة هو مبدأ علمي يعني أنه لا تفاضل للمادة على مضاد المادة، أي أن من خلال الانفجار العظيم تتكون المادة ومضاد المادة بنفس الأعداد. بروتونات ونقيض البروتونات ، إلكترونات وبوزيترونات و نيوترينوات ونقيض نيوترينوات . ولكننا لا نجد في الكون المكون من المادة أي علامة على وجود تجمعات لمضادات المادة. والتقاء المادة ومضاد المادة يؤدي إلى فناءهما وتحولهما إلى طاقة إشعاعية.

### مرحلة الكواركات:

بين $10^{-12}$ ثانية و $10^{-6}$ من الثانية بعد الانفجار العظيم

يُعتقد انه مع انكسار تناظر القوة الضعيفة بعد نهاية مرحلة التأثر الضعيف، بدأت الجسيمات الأولية في اكتساب كتلتها عن طريق نموذج هيجز والذي بمقتضاه يكتسب بوزون هيجز كتلته أيضاً. وفي تلك المرحلة تكون كل من التأثرات الأساسية وهي الجاذبية والتأثر الكهرومغناطيسي والتأثر القوي والتأثر الضعيف قد اتخذت مواصفاتها. إلا أن درجة حرارة الكون تكون لا زالت عالية جدا بحيث لا يمكن للكواركات الاتحاد مع بعضها مكونة الهادرونات.

### مرحلة الهادرونات:

بين $10^{-6}$ من الثانية و 1 ثانية بعد الانفجار العظيم.

يبرد الكون الناشئ بحيث يمكن لبلازما الكواركات والجلوونات الاتحاد وتكوين هادرونات بما فيها باريونات مثل بروتونات والنيوترونات. وبعد مرور ثانية واحدة من الانفجار العظيم يمكن للنيوترينوات الانفصال عن بعضها ويبدأ كل منها يتحرك بحرية خلال الفضاء. وهذه الخلفية من النيوترينوات الكونية - مع عدم احتمال إمكانية قياسها - تعادل إشعاع الخلفية الميكروني الكوني التي سوف تظهر في زمن لاحق.

### مرحلة الليبتونات:

بين 1 ثانية و 3 دقائق بعد الانفجار العظيم.

تفني معظم الهادرونات ونقيض الهادرونات بعضها البعض في نهاية مرحلة الهادرونات وتتحول إلى طاقة وتترك وراءها ليبتونات ونقيض الليبتونات لتشكل كتلة الكون. وبعد ثلاثة ثوان تقريبا بعد الانفجار العظيم تنخفض درجة حرارة الكون لدرجة لا يمكن فيها توليد جديد لأزواج الليبتونات ومضادات الليبتونات، كما يفني معظم الليبتونات ومضاداتها بعضهم البعض ويتخلف عدد بسيط من الليبتونات.

### مرحلة الفوتونات:

بين 3 دقائق و 380,000 سنة

بعد فناء معظم الليبتونات ونقيض الليبتونات عند نهاية مرحلة الليبتونات تصبح طاقة الكون مليئة بالفوتونات وتبدأ تلك الفوتونات تتفاعل بين حين وآخر مع بروتونات وإلكترونات مشحونة وربما مع بعض الأنوية الخفيفة ويستمر الحال على ذلك خلال ال 300,000 التالية.

### تخليق نووي:

بين 3 دقائق و 20 دقيقة بعد الانفجار العظيم.

أثناء مرحلة الفوتونات تنخفض درجة حرارة الكون بحيث يمكن للذرات أن تتكون. وتبدأ البروتونات تتحد مع النيوترونات بواسطة الاندماج النووي. ويتم حدوث ذلك خلال 17 دقيقة تنخفض بعده درجة حرارة الكون بحيث لا يمكن للاندماج النووي أن يستمر . في ذلك الوقت يكون قد تكونت كتلة من الهيدروجين تعادل ثلاثة أضعاف ما تكون من الهيليوم - 4، مع وجود آثار بسيطة من أنوية العناصر الخفيفة.

يبدأ تكون ذرات الهيدروجين والهيليوم وتستمر كثافة الكون في الانخفاض بسبب التمدد. ويعتقد حدوث ذلك خلال الفترة 240.000 و 310.000 سنة بعد الانفجار العظيم حيث تكون أنوية الذرات عارية من إلكتروناتها، وعندما تنخفض درجة حرارة الكون تلتقط الأنوية الإلكترونات وتصبح ذرات متعادلة كهربائيا. ويتم ذلك سريعا وخاصة بالنسبة للهيليوم. وبما أن الذرات أصبحت متعادلة فيسهل الآن على الفوتونات الحركة الحرة ويصبح الكون شفافا. وتلك الفوتونات التي أصدرت بعد حدوث ارتباط الأنوية بالإلكترونات إنما تشكل ما نراه اليوم من إشعاع الخلفية الميكروني الكوني .

### فترة مظلمة:

قبل الانفصال كانت معظم الفوتونات في الكون تتفاعل مع الإلكترونات والبروتونات في وسط كثيف من الباريونات والفوتونات. وكان الكون معتما أو ضبابيا والضوء يكاد يكون معدوما. وكانت المادة الباريونية تتكون من بلازما متأينة وتحولت إلى ذرات متعادلة بعدما التقطت إلكترونات خلال مرحلة استعادة الارتباط وإصدارها بذلك الفوتونات التي تكون إشعاع الخلفية الميكروني الكوني. وعندما تنفصل الفوتونات يصبح الكون شفافا. وحتى ذلك الوقت كانت الأشعة الصادرة ذات طول الموجة 21 سنتيمتر الصادرة من ذرات الهيدروجين. وتوجد الآن مجهودات من أجل قياس تلك الأشعة حيث يمكن الحصول بواسطتها على صورة للكون الناشئ أكثر دقة مما نحصل علية بواسطة أشعة الخلفية الميكرونية.

### تكون البناء:

طبقا لنموذج الانفجار العظيم يبدأ تكون البنايات الكونية وذلك بالبنايات الصغيرة قبل تكوّن الكبيرة. وأول البنايات تتخذ شكلا كانت الكوازارات، والتي تعتبر مجرات نشطة شديدة الإضاءة وكذلك فصيلة نجمية III. وقبل تلك الفترة يمكن فهم تطور الكون بواسطة نظرية الاضطراب الخطية، أي اعتبار أن

جميع البنايات قد تكونت من اختلافات صغيرة في حالة التوزيع المتساوية. كما يمكن دراسة نماذج لذلك بالحسابات. ثم تبدأ مرحلة تشكيل البنايات غير خطية، ويتسم دراستها بالتعقيد، حيث تجرى تلك الحسابات على نماذج تجمع التآثر بين مليارات من الجسيمات.

### عودة التأين:

150 مليون سنة إلى 1 مليار سنة:

تتكون الكوازارات الأولى من الانهيار الناتج عن الجاذبية، حيث تتسبب الطاقة الصادرة عن ذلك الانهيار في إعادة تأين الكون المحيط. وعلى ذلك يعتبر أغلبية الكون مكونا من البلازما.

### تكوّن النجوم:

تعتبر الفصيلة III من النجوم هي أول ما نشأ من النجوم، وبذلك بدأ تحويل العناصر الخفيفة التي تكونت خلال الانفجار العظيم (الهيدروجين والهيليوم)إلى عناصر أثقل. إلا أنه لم نستطع حتى الآن مشاهدة نجوم الفصيلة III.

### تكوّن المجرات:

تتجمع أحجام كبيرة من المادة مكونة مجرة. ويعتقد انه بتلك الطريقة تكونت الفصيلة II من النجوم، ثم يتبعها تكون نجوم الفصيلة I في أزمنة لاحقة.

واستطاع مشروع يوهانيز شيدلار مشاهدة الكواسارCFHQS 1641+3755 على بعد 12.7 مليار سنة ضوئية. عندما كان عمر الكون 7 ٪ من عمره الحالي.

وقد استطاع رتشارد إليس ومجموعته من معهد التكنولوجيا ببسادينا في 11 يوليو 2007 مشاهدة 6 مجرات تتكون فيها نجوم على بعد 13و2 مليار سنة ضوئية باستخدام تليسكوب كيك Keck II الموجود على جزيرة مونا كيا Mauna Kea،

أي أنهم تكونوا وكان الكون 500 مليون سنة فقط. وحتى الآن لم تشاهد سوى 10 من تلك التشكيلات.

وتبين صورة المنطقة العميقة جدا المأخوذة بتلسكوب هابل عددا من المجرات الصغيرة تتداخل لتكوين مجرات أكبر وهي على بعد 13 مليار من السنين الضوئية، عندما كان الكون 5 ٪ من عمره الحالي.

وطبقا للعلم الجديد المسمى علم التاريخ النووي للكون nucleocosmochronology، يعتبر أن القرص الرقيق لمجرة درب التبانة تكون منذ 8.3 ± 1.8 مليار سنة ضوئية.

### تكوّن المجموعات وعناقيد المجرات:

تعمل قوى الجاذبية على جذب المجرات بعضها البعض لتكوين مجموعات وعناقيد المجرات وعناقيد مجريّة هائلة superclusters.

### تكون المجموعة الشمسية منذ 8 مليار سنة

ثم تكونت أجسام لها مقاييس المجموعة الشمسية، وتعتبر شمسنا من نجوم جيل متأخر حيث تحتوي عل أنقاض من نجوم أجيال سابقة من النجوم، وتكونت الشمس منذ 5 مليار من السنين تقريبا أو تكونت بين 8 - 9 مليار سنة بعد الانفجار العظيم.

### حالة الكون اليوم : بعد 13و7 مليار سنة

تدل أحسن نتائج القياس على أن عمر الكون يبلغ 13و7 مليار سنة منذ الانفجار العظيم. وبما أن المشاهدة تبين أن الكون يتسع واتساعه متزايد السرعة، فيبدو أن عناقيد المجرّية الهائلة هي أكبر البنايات في الكون. حيث يمنع التوسع المتزايد الحالى للكون من تكوين بنايات أكبر بفعل الجاذبية

**محاولات إثبات صحة نظرية الانفجار العظيم:**

العالم الفلكي الأمريكي أدوين هوبل قدم بعضا من أهم الأدلة على النظرية من خلال اكتشافه عام 1929 بأن الضوء البعيد للمجرات يتحول على مستوى الكون نحو الأحمر في نهاية الطيف، نظرية الضوء المتعب تقول بأن الضوء يفقد ببطء وبصورة طبيعية طاقته ليتحول بمرور الزمن إلى اللون الأحمر وهذا التحول إلى الأحمر يثبت بأن المجرات تتحرك في حالة من التوسع بعيدا الواحدة عن الأخرى وقد أكتشف العالم الفلكي هوبل بأن المجرات في الأبعاد السحيقة تتحرك بسرعة أكبر أي أن الكون يتوسع بصورة متناسبة، في عام 1940 توصل العالم الفيزيائي الأمريكي من أصل روسي إلى وضع نظرية تتلاءم مع حلول فريدمان التي تقول بأن الكون أنتقل إلى حالة توسع مع انخفاض درجة حرارته وفي عام1950 أطلق العالم الفلكي البريطاني فريد هويل على نظرية جاموف أسم الانفجار الكبير الذي أصبح شائعا وعندما أقامت مجلة سكاي أند تيلسكوب sky and telescope عام 1990مسابقة للعثور على تسمية أفضل لم تنجح في مسعاها ، إطار العمل الشامل لنظرية الانفجار الكبير جاء كحل لمعادلات المجال لاينشتاين في النسبية العامة التي بقيت ثابتة دون تغيير ولكن مختلف تفاصيلها أجريت عليها التعديلات، كان أينشتاين نفسه يؤمن بأن الكون هو في حالة مستقرة وعندما تعارضت معادلاته مع توسع الكون أضطر إلى إضافة فقرة ثابتة لإلغاء التوسع ولكن بعد اكتشاف الأدلة العلمية على توسع الكون أقر بأن تقديم صورة عن كون ثابت كان خطأ ، بعد عام 1917 نجح عدة علماء ومن ضمنهم جيورجس ليمايتري من بلجيكا ، وليم دي سايتر من هولندا ، الكسندر فريدمان من روسيا في العثور على حلول لمعادلات المجال الخاصة بأينشتاين، وقدم هؤلاء العلماء نماذج مختلفة عن الكون، نموذج دي سايتر لا يحوي أية مادة مستندا على الكثافة القليلة (تخلخل المادة)، ليمايتري أعتمد في رسم صورة الكون على ذرة بدائية primeval atom أما الكون لدى فريدمان فأنه توسع من مادة ذات كثافة عالية وهذه النماذج تفسر سلوك الكون

بعد نشوئه ولكنها لم تقدم تفسيرا مرضيا عن بداية الكون، في عام 1940 شارك تلامذة جاموف رالف ألفير و روبرت هيرمان أستاذهم في بناء نظرية تربط بين تفاصيل حلول فريدمان مع نظرية أينشتاين وتقول النظرية الجديدة بأن الكون بدأ يتوسع من حالة بدائية للمادة تتكون من بروتونات ونيترونات وإلكترونات كانت تعوم في بحر من الإشعاعات وكان الكون ساخنا جدا في لحظة الانفجار الكبير ولأن العناصر كانت أثقل من أن تؤدي إلى نشوء الهيدروجين الذي لا يظهر سوى في درجات حرارة عالية ويتوقع الفريق بأن الإشعاعات الناجمة عن الانفجار الكبير لا تزال باقية وهذه الإشعاعات التي كانت تشكل خلفية الكون وتناظر درجة الحرارة التي تنبأ بها فريق تم اكتشافها عام 1960 وأضاف هذا الاكتشاف دليلا جديدا لدعم نظرية الانفجار الكبير التي تحاول شرح ما الذي حدث في لحظة الانفجار الكبير أو بعهدها بفترة قصيرة جدا واليوم يتمكن العلماء بناء نموذج للكون يعود إلى 10 أس سالب 43 ثانية بعد الانفجار وللفترة قبل هذا الزمن، لا تتلاءم معها القوانين الكلاسيكية للجاذبية والعلماء يبذلون جهودهم للتوصل إلى نظرية توحد بين الجاذبية كما تم تفسيرها في النسبية العامة مع نظرية الكم ولكنهم أخفقوا في ذلك حتى الآن، ولأن العلماء لا يستطيعون العودة إلى الوراء أبعد من تلك الفترة المبكرة فأن الانفجار الكبير يظل لغزا بالنسبة إليهم ، فليست هناك طريقة للكشف عن أصل الكون كما أن نظرية الانفجار الكبير لا تشرح ماذا كان يوجد قبل الانفجار وربما الزمن نفسه بدأ مع الانفجار لذا يبدو أن مناقشة ماذا حدث قبل ألانفجار الكبير لا معنى لها ، وفق نظرية الانفجار الكبير بدأ الكون يتسع بسرعة منذ اللحظة الأولى من الانفجار وكانت هناك قوة وحيدة، ومع امتداد الكون وانخفاض درجة حرارته انقسمت هذه القوة إلى القوى التي نعرفها اليوم، الجاذبية، الإلكترومغناطيسية والقوة النووية القوية والقوة النووية الضعيفة وقد توصل العلماء إلى نظرية تدعى الكتروويك electroweak تقدم تفسيرا موحدا للقوة الألكترومغناطيسية والقوة النووية الضعيفة ولكنهم لا يكتفون بهذه النظرية

ويحاولون بناء نظرية تشمل القوة النووية القوية فيما يسمى بنظرية المجال الموحد Field Theory Unified أما نظرية السلسلة فتحاول توحيد الجاذبية مع بقية القوى الثلاثة ليتمكنوا من تفسير كل شيء، النسخة المقبولة من نظرية الانفجار الكبير على نطاق واسع تتضمن فكرة الانتفاخ inflation وفي هذا النموذج كان الكون يتوسع بسرعة أكبر في البداية تبلغ تقريبا 10 أس موجب50 من حجمه الأصلي في الثانية 10 أس سالب32 ثم بدأ يتباطأ وقدم هذه النظرية عام 1980 الكوسمولوجي الأمريكي الآن غوث بالتعاون مع عالم الفلك الأمريكي بول ستاينهاردت والعالم الأمريكي من أصل روسي أندريه لاندي وعالم الفلك البريطاني أندرياس ألبريخت، نظرية انتفاخ الكون حلت العديد من المشاكل في علم الكونcosmology فعلى سبيل المثال فأنها تظهر لنا بأن الكون الآن يبدو على نفس الشكل المسطح الذي وصفته قوانين هندسة أقليدس، فنحن نرى منطقة صغيرة من الكون الأصلي وهي رؤية شبيه بعدم رؤيتنا لاستدارة الأرض لأننا لا نرى سوى جزءا صغيرا منها، كما أن الكون المنتفخ يفسر لماذا يبدو الكون لنا بهذا الشكل المتجانس لأن الكون الذي نشاهده أنتفخ من حجم أصغر لذا فأنه لا يفاجئنا إذا بدا لنا في شكل كتلة موحدة، وعندما انتهت مرحلة الانتفاخ الأولي أستمر الكون في الاتساع ولك بشكل أبطأ من السابق وهي تشرح لنا بأن الكون هو على حدود بين الانفتاح والانغلاق فإذا كان الكون في حالة انفتاح فأنه سيستمر في التوسع إلى الأبد أما إذا كان في حالة انغلاق فأنه سيتقلص حتى ينتهي تماما والانفتاح والانغلاق يعتمدان على درجة كثافة المادة فإذا كان ذا كثافة كافية فأنه يكون في حالة الانغلاق، وكما ذكرنا فأن الكون يتوسع مع انخفاض درجة حرارته، بعد ثانية واحدة تشكل البروتون وفي الدقائق التالية ويشار إليها عادة بالدقائق الثلاثة الاولى من حياة الكون بدأت مركبات من البروتون والنيترون تشكل نظائر الهيدروجين المعروفة باسم ديتيريوم إلى جانب بعض العناصر الخفيفة وأهمها الهيليوم والليثيوم، بيرليوم والبورون، دراسة توزيع الديتيريوم وبعض

العناصر الخفيفة الأخرى تعتبر الآن من المجالات الرئيسية في الأبحاث، تواجد الهليوم بكثرة حول الكون يدعم نظرية الانفجار الكبير وكثرة الديتيريوم تستخدم لتقدير مدى كثافة المادة في الكون، ويقول العلماء بأنه وفي خلال 380000 إلى مليون سنة بعد الانفجار الكبير هبطت درجة حرارة الكون ب 3000 سنتيغراد وتراكب البروتون مع الإلكترون أنتج ذرات الهيدروجين التي تمتص وتصدر ألوان محددة أو أطوال معينة من موجات الضوء، تشكل الذرات سمح لأطوال أخرى من موجات الضوء (وهي تلك الأطوال التي كانت تتداخل مع الالكترونات الحرة قبل انخفاض درجة حرارة الكون) أن ترتاد مسافات أبعد وهذا التغيير حرر الإشعاعات التي نكتشفها في هذه الأيام، وبعد مليارات من سنوات انخفاض درجة حرارة الكون ظهرت الأشعة الكونية التي تم الكشف عنها عام 1965 من قبل العالمان الأمريكيان أرنو بينزياس و روبرت ويلسن، وتشير الأدلة بأن المادة التي كشف عنها العلماء في الكون ليس سوى جزء صغير من المادة الموجودة في الكون، فعلى سبيل المثال أن رصد السرعة التي تتحرك بها المجرات المفردة ضمن مجموعات المجرات يظهر بان لا بد أن هناك كمية هائلة من المادة غير مرئية تمارس الجاذبية على تلك المجرات وتمنعها من التشتت، ويعتقد علماء الكون بأن الجزء الأكبر من الكون يحوي المادة السوداء dark matter التي لها قوة الجاذبية ولكنها لا تصدر الإشعاعات التي يمكن أن نراها أو الكشف عنها وأحد أنواع المادة السوداء يطلق عليها من قبل العلماء أسم المادة السوداء الباردة والتي تتحرك ببطء وتتكون من كتلة هائلة من الجزيئات الباردة ولم يتم حتى الآن الكشف عنها، أما النظرية الأخرى في تفسير المادة السوداء فتعتمد على المادة السوداء الساخنة والتي توحي بأن جزيئاتها تتحرك بسرعة بالغة والنيترونات وهي الجزيئات الرئيسية التي تتحرك بسرعة تكاد تبلغ سرعة الضوء هي الأمثلة الرئيسية على المادة السوداء الساخنة ويعتقد العلماء من أن كتلة النيترونو صغيرة جدا إلى درجة أن النيترون لا يشكل سوى جزءا صغيرا من المادة السوداء، وإذا كانت نسخة الانتفاخ

من نظرية الانفجار الكبير صحيحة إذن فأن كمية المادة السوداء أو أي شيء أخر يمكن أن يوجد، توجد بالكمية الكافية ليضع الكون على الحدود ما بين الانفتاح والانغلاق، علماء الفلك مستمرون في أجراء ارصادات جديدة تفسر هي الأخرى في أطار نظرية الانفجار الكبير وحتى الأن لم تواجه مشاكل كبيرة ولكن العلماء يصرون على تكييف النظرية مع نتائج الرصد للوصول إلي نموذج مثالي لهذه النظرية .

ومؤخراً قرر خبراء في جامعة بارغن النرويجية بالتعاون مع علماء من بلدان أخرى القيام بتجربة مخبرية تثبت نظرية الانفجار العظيم، وذلك عبر إجراء انفجار مصغر لفصل جزيء لأحد مكونات نواة الذرة الافتراضية Quark-Gluon. وقد تبنت المنظمة الأوروبية للدراسات النووية مشروع هذه التجربة وأطلقت عليها اسم "ALICE". ويشارك في هذا المشروع الباهظ التكلفة 83 مؤسسة علمية موزعة على 27 دولة، فيما يقوم على متابعة هذا المشروع أكثر من 18 ألف عالم وخبير، وهو ما يعتبر أكبر مشروع كوني من هذا النوع كما يقول دييتر روريخ بروفيسور الفيزياء النووية بجامعة بارغن،ويبين روريخ أن التجربة المخبرية ستتمثل بالعمل على تصادم الجزيئات الثقيلة بسرعة هائلة وبطاقة عالية جدا من أجل وقوع حالة الانفجار العظيم بصورة مصغرة وتحرير جزيئات الـ Quark-Gluon. وأوضح فريق العمل في التجربة أن العمل جار الآن على إعداد مزود للسرعة على عمق كبير تحت الأرض حيث ستتم التجربة، مشيرا إلى أن التحضير لهذا المشروع بدأ في أوائل التسعينيات من القرن الماضي، من المتوقع إجراء التفجير المعملي في عام 2007.وسيتابع الخبراء نتائج وآثار هذا التفجير لمدة عشرة أعوام أخرى كما يقول البروفيسور، مؤكدا أنه سيناط بهم في جامعة بارغن تصنيع آلاف الأجهزة البالغة الحساسية والمعدة لقراءة الرموز وترجمة ما سيحدث، وهذا ما يمنحهم فرصة لمعرفة بعض الشيء عن خلق الكون، في حين سيجري الاختبار المعملي في سويسرا.وبسبب خطورة الانفجار سيكون الخبراء على بعد 100 متر على الأقل عن الجهاز المزود للسرعة،

وسيحتاجون حينئذ إلى أجهزة تقنية معقدة للغاية، وتقوم جامعة بارغن حاليا بصناعة جزء من هذه الأجهزة، فيما تتولى بعض المؤسسات العلمية في أوروبا تصميم وصناعة أجزاء أخرى بالغة التعقيد والحساسية.ولم يستبعد روريخ احتمالات الفشل في تحقيق الهدف من هذه التجربة ،كما أنه لا يستبعد أن تضع التجربة المزيد من الأسئلة والحيرة وتدخلهم في طرق أكثر ظلمة وتخبطا.

### 5. نظرية الأوتار

انبثقت نظرية الأوتار من الأبحاث التي خاضها الفيزيائيون وعلماء الرياضيات بحثا عن نظرية واحدة تصف جميع القوى والجسيمات داخل الذرة، وأطلقوا عليها نظرية كل شيء For Everything Theory. وتوحيد القوى الأربع الاساسية .

**فمن المعروف أن هناك أربع قوى فيزيائية أساسية، هي:**

- الجاذبية حيث أدخل إسحاق نيوتن مفهوم الجاذبية في حياتنا اليومية وكيف أنها تحفظنا وكل ما حولنا من أجسام مرتبطين بسطح الأرض كما تحفظ القمر في مداره حول الأرض وتحافظ على الأرض في مدارها حول الشمس وهي القوة المهيمنة على مستوى الكون.
- القوة الكهرومغناطيسية، و هي المسؤولة عن التجاذب بين الجزيئات المختلفة في الشحنة و التنافر بين الجزيئات المتشابهة في الشحنة وهي القوة التي تحافظ على استقرار الذرة من خلال تحديد مدارات الإلكترونات وهي القوة المهيمنة في قوانين الكيمياء حيث قام الفيزيائي الاسكتلندي جيمس ماكسويل وفي منتصف القرن التاسع عشر بتوحيد الكهرباء والمغناطيسية في إطار المجال الكهرومغناطيسي وذلك بعد دراسة مستفيضة للتجارب العلمية التي أنجزها الفيزيائي الإنجليزي ميخائيل فراداي فتم ملاحظة ظهور حقل مغناطيسي عند تحول الحقل الكهربائي. وبهذا ظهرت القوة الكهرومغناطيسية و نلاحظ فعلا أن الكهرباء و المغناطيس لا يمكن التفرقة بينهما و ذلك لأن المجال المغناطيسي ينتج عند وجود تيار كهربائي، فلا يمكن حدوث أحدهما دون حدوث الآخر.

- القوة النووية الشديدة المسؤولة عن ارتباط النيوترونات بالبروتونات في داخل نواة الذرة. كما هو معروف، النواة مشحونة إيجابيا وهي لذلك تتدافع إن تركت لشأنها بفعل القوة الكهربائية ممزقة عرى النواة وهنا تتدخل القوة الشديدة للتغلب على القوى المذكورة وتقريب البروتونات إلى بعضها محاولة لم شمل النواة ولتخلق نوع من التوازن الدقيق بينها وبين القوة الكهربائية التنافرية (repulsive) (التي تسعى إلى تفجير النواة). عندما يطلق العنان للقوة النووية الشديدة تنشأ نتائج كارثية، فمثلا عندما تشطر نواة اليورانيوم عن عمد في القنبلة الذرية تتحرر الكميات الهائلة من الطاقة الحبيسة داخل النواة في شكل انفجار نووي مروع. حيث تطلق القنبلة النووية مليون ضعف من الطاقة التي يعطيها الديناميت ويؤكد ذلك بشكل جلي حقيقة أن بإمكان القوة الشديدة توليد طاقة تتعدى طاقة المتفجرات الكيميائية التي تحكمها القوة الكهرومغناطيسية. تفسر القوة الشديدة أيضا سبب إضاءة النجوم بأن النجم ليس إلا فرن نووي ضخم تتحرر فيه القوة الشديدة سجينة النواة. ولو أن طاقة الشمس كانت ناجمة عن حرق الفحم بدلا من الوقود النووي لما أطلقت الشمس إلا جزءا ضئيلا من ضوئها ولخبت بسرعة متحولة إلى رماد. وبدون الشمس تبرد الأرض وتنقرض كل أشكال الحياة عليها وبدون القوة الشديدة لايمكن أن توجد الشمس و بالتالي لا يمكن أن تنشأ الحياة وترتقي.

- القوة النووية الضعيفة، و هي القوة التي تتحكم بتحلل الجسيمات الأولية داخل الذرة والمسؤولة عن نشاط الذرات الثقيلة غير مستقرة الإشعاع. لبعض النوى كنواة اليورانيوم التي تضم 92 بروتون كتلا هائلة تؤدي إلى تحللها تلقائيا وإطلاق شظايا وبقايا صغيرة فيما ندعوه بالنشاط الإشعاعي. النوى في هذه العناصر هي ببساطة نوى غير مستقرة وتجنح إلى التحلل (disintegration) لذا لابد من تواجد قوة أخرى ضعيفة لتتحكم بالنشاط الإشعاعي وتكون مسؤولة عن تحلل النوى الثقيلة. هذه هي القوة الضعيفة التي تتسم بسرعة الزوال

والتلاشي إلى حد أننا لا نتحسسها مباشرة في حياتنا لكننا نستشعر آثارها غير المباشرة. فعندما نضع عداد جايجر بالقرب من قطعة اليورانيوم تتناهى إلى مسامعنا الطقطقة التي تقيس النشاط الإشعاعي للنوى الناجم عن فعل القوة الضعيفة. ويمكن أن تستخدم الطاقة المتحررة من قبل القوة الضعيفة لتوليد الحرارة أيضا ، فمثلا إن الحرارة الشديدة الموجودة في باطن الأرض قد نجمت جزيئا عن تحلل العناصر المشعة في عمق نواة الأرض تتفجر هذه الحرارة الهائلة بدورها في هيئة براكين إن وصلت سطح الأرض. وبالمثل فإن الحرارة التي تنتج في نواة مفاعل نووي والتي تستطيع توليد طاقة كهربائية تكفي لإنارة مدينة كاملة تعزى أيضا إلى أثر القوة الضعيفة.

ويعتقد العلماء أن هذه القوى الأربع ما هي إلا مظاهر مختلفة لقوة واحدة، كانت موجودة عند حدوث الانفجار الأعظم لحظة خلق الكون. ونظرية كل شيء لابد أن تذهب لأبعد من نظرية النسبية العامة لأينشتين التي تتعامل مع الكون بأسره، ومع الجاذبية التي هي أكثر قوى. الكون صعوبة في وضعها ضمن إطار نظرية واحدة.

وقد استحوذت هذه النظرية على تفكير الفيزيائيين طويلاً ، وبدأ أينشتين البحث ولكنه فشل في صياغة النظرية ، والفكرة وراء ذلك هي كتابة نظرية واحدة بمجموعة واحدة من المعادلات الرياضية توضح القوى الأربع الأساسية المعروفة ، كتعبيرات متفاوتة لقوة واحدة تعتبر أصل كل شيء ، وان سبب كل هذا الاهتمام بنظرية كل شيء

بأنه بالرغم من أن الفيزيائيين يقتربون في حذر من المفاهيم الجديدة ، فإن نظرية كل شيء استأثرت باهتمامهم لسببين رئيسيين:

- **أولاً:** أن فكرة التوحيد لها تأثير جمالي يستريح له العقل.
- **ثانيا:** أنه إذا كان الكون قد خلق من الانفجار الأعظم، فلابد أن القوى الأربع كلها، كانت في الأصل قوة واحدة.

إن أكبر مشكلة في جميع نظريات الجسيمات دون الذرية – قبل نظرية الأوتار – هي أنها كانت تقود إلى اللانهايات Infinities التي تظهر في المعادلات الرياضية وتجعل تطبيقها مستحيلا.ويحدث هذا عندما نعامل الجسيمات دون الذرية – كالبروتونات والإلكترونات – كنقاط، إذ يصعب تصور تلك الكيانات البالغة الدقة، ولذلك فقد قرر علماء الفيزياء أن يروا ماذا يحدث إذا اعتبروا أن الجسيمات ليست نقاطاً وإنما هي أقرب كيانات لذلك يمكن تصورها، أي خطوط دقيقة جداً أحادية الاتجاه أو أوتار Strings ، وهكذا أمكن التخلص من مشكلة اللانهايات فجاءت نظرية الأوتار الفائقة و هي مجموعة من الأفكار الحديثة حول تركيب الكون تستند إلى معادلات رياضية معقدة، تنص هذه المجموعة من الأفكار على أن الأشياء مكونة من أوتار حلقية مفتوحة متناهية في الصغر لا سمك لها و أن الوحدة البنائية الأساسية للدقائق العنصرية، من إلكترونات و بروتونات و نيترونات و كواركات، عبارة عن أوتار حلقية من الطاقة تجعلها في حالة من عدم الاستقرار الدائم وفق تواترات مختلفة وإن هذه الأوتار تتذبذب فتصدر نغمات تتحدد وفقها طبيعة وخصائص الجسيمات الأكبر منها مثل البروتون والنيوترون والإلكترون، أهم نقطة في هذه النظرية أنها تأخذ في الحسبان كافة قوى الطبيعة: الجاذبية والكهرومغناطيسية والقوى النووية، فتوحدها في قوة واحدة ونظرية واحدة، تسمى النظرية الأم.

تهدف النظرية إلى وصف المادة على أنها حالات اهتزاز مختلفة لوتر أساسي وتحاول هذه النظرية الجمع بين ميكانيكا الكم Quantum Mechanics التي

تفسر القوى الأساسية المؤثرة في عالم الصغائر (القوة النووية الضعيفة، القوة الكهرومغناطيسية، القوة النووية القوية) و بين النظرية النسبية العامة General Theory of Relativity التي تفسر قوة الجاذبية في عالم الكبائر ضمن نظرية واحدة والتي تقول بأن الكون هو عالم ذو عشرة أو أحد عشر بُعدًا، على خلاف الأبعاد الأربعة التي نحس بها و أن هنالك 6 أو 7 أبعاد أخرى، إضافةً لأبعاد عالمنا الثلاثة مع الزمن، غير محسوسة و متكورة على نفسها. أما هذه النظرية الجديدة فتعتقد بأن الكون مكون من 26 بعداً، أُختزلت فيما بعد إلى عشرة أبعاد. ولتوضيح هذه الفكرة يستعمل البعض مثال خرطوم رش الماء، فعندما تنظر للخرطوم من بعيد لا ترى سوى خط متعرج. لكنك بفحصه عن كثب سترى أنه عبارة عن جسم في ثلاثة أبعاد حيث أن الأبعاد الجديدة ملتفة على نفسها في جزء صغير جدا.

استنادا إلى نظرية الأوتار الفائقة فإن الكون الذي نعيش فيه ليس وحيدا، وإنما هنالك أكوان عديدة متصلة ببعضها البعض، ويرى العلماء أن هذه الأكوان متداخلة ولكل كون قوانينه الخاصة به، بمعنى أن الحيز الواحد في عالمنا قد يكون مشغولاً بأكثر من جسم ولكن من عوالم مختلفة، وبحسب هذه النظرية فإن الكون ما هو إلا سيمفونية أوتار فائقة متذبذبة، فالكون عزف موسيقي ليس إلا ومن الممكن معرفة الكون ومما يتكوّن من خلال معرفتنا للأوتار ونغماتها، فالكون يتصرف على نمط العزف على الأوتار. يرى البعض من المقتنعين بالنظريات الدينية لمنشأ الكون أن هذه النظرية مثل العديد من النظريات التي سبقتها والتي تتحدث عن نشوء الكون، مثل نظرية الانفجار الكبير (Big Bang Theory)؛ و نظرية كل شيء (Everything Theory) ما هي الى محاولات لنفي الفكرة التوحيدية السائدة بأن هناك خالق عظيم لهذا الكون بينما يرى البعض الآخر أن في هذه النظرية تأكيد غير مباشر لأفكار دينية ميتافيزيقية شائعة مثل الروح و السحر.

يقول العالِم الفيزيائي الأمريكي غوث (مواليد 1947) Alan Guth بما أن الكون ولد من العدم وبما أن العدم يمتد إلى مساحات لا متناهية، إذاً من المتوقع نشوء أكوان لامتناهية في أجزاء مختلفة من العدم. أما العالِم الكوزمولوجي والفيزيائي الأمريكي ريز (مواليد 1942) Martin Rees فيقول: بما أنه توجد عوالم مختلفة وعديدة، إذاً من المتوقع وجود عالم كعالمنا. ويُقدّم مثلاً على ذلك، إذا دخلنا إلى متجرة لبيع الثياب حيث توجد ثياب بمقاييس مختلفة وعديدة فليس من المستغرب حينئذٍ أن نجد ثوباً بمقاسنا. لذا ليس من المستغرب وجود عالَم كعالمنا لأنه توجد عوالم عدة ومختلفة.

إن الأوتار – في نظرية الأوتار – لا يمكن تصور مدى دقتها إذ إنها أصغر من قطر البروتون ببلايين المرات. ويمكن وصف القوى الأربع الأساسية في الكون، بتداخل الأوتار حيث إنه باقترابها من بعضها والتصاقها تكوّن القوة الموحدة التي تشتق منها القوى الأربع التي سبق الإشارة إليها.

**انواع الأوتار:**

1) **أوتار كونية Cosmic Strings:** وهي بالغة الطول تمتد في عمق الكون، وربما يبلغ طولها عددًا كبيرًا من السنوات الضوئية.
2) **أوتار فائقة Super Strings:** تتميز بأنها قصيرة للغاية، وتستخدم لإثبات أن الجسيمات دون الذرية ليست نقاطًا ولكنها أوتار مهتزة. ولأن الوتر يحتوي على طاقة عالية وتفريغ نشط منذ ميلاد الكون، فإنه يتضمن قدرًا هائلا من الكتلة، فيقدر أن كل سنتيمتر من الوتر الكوني يحتوي على 10 ملايين مليون طن، وأن قطعة من الوتر طولها متر واحد يمكن أن يصبح وزنها مثل كوكب الأرض!

ولا يتصور أن تكون للأوتار الكونية نهايات منذ نشأتها، وذلك أمر معقول بداهة، إذ لو كانت هناك نهايات فإن التفريغ الشديد في الداخل - بعد الانفجار الأعظم- يكون قد تسرب للخارج، ومن ثم تفقد طاقتها تدريجيا وتتقلص ثم تزول في آخر الأمر.

ويعني ذلك أن الوتر الكوني إما أن يمتد عبر الكون بأسره، وإما أن يشكل أنشوطه Loop مثل أي شريط مطاطي مشدود، ولا شك أن شد الوتر الكوني يؤدي إلى تذبذبه بسرعة عالية، عادة بسرعة الضوء. وتكون الجسيمات دون الذرية هي أنماطا متباينة لاهتزاز وتر فائق منفرد، أي أن كل نمط اهتزازي للوتر يقابله جسيم دون ذري بطاقة وكتلة مختلفة. فالوتر الذي يتذبذب بطريقة معينة يظهر نفسه في عالم الواقع مثل الكوارك Quark أما الوتر الآخر الذي يهتز ويلتف بطريقة مختلفة فإنه يبدو كالإلكترون أو أي جسم آخر من المكونات الداخلية للذرة. وتتحرك الأوتار الكونية في عمق الكون مثل الأسواط المقرقعة التي تترك وراءها "آثارا" عبارة عن مناطق تزداد فيها كثافة المادة، ومن ثم تتكون الأجرام الفضائية. ويفسر هذا أيضا السبب في تكوّن بعض الأجرام الفضائية الهائلة – كالمجرات – في أشكال منبسطة يفصل ما بينها مساحات شاسعة مما يبدو فضاء فارغاً، ولكنه في واقع الأمر مادة مظلمة Dark Matter.

ومشكلة الكون ذي الأبعاد العشرة ليس من المستحيل التغلب عليها، إذ لدى علماء الرياضيات طريقة تسمى"الدمج"، تتيح دمج هذه الأبعاد الزائدة - وهي ستة في حالتنا هذه – ومن ثم يتم تصغيرها، فتصبح غير مرئية. ودون الدخول في شرح معادلات رياضية معقدة وطويلة، نقول إن هذا التأثير يشبه حبلا مكونا من عدة جدائل ملفوفة، لاشك أنه سوف يبدو كما لو كان خطاً أحادي البعد لو نظرنا إليه من مسافة بعيدة جدًا.

## تفسير تكوين المجرات بنظرية الأوتار الكونية:

عندما ترتحل الجسيمات دون الذرية على طول الوتر الكوني بسرعة الضوء، ويتصادف أن هذه الجسيمات تحمل شحنات كهربية، فعندئذ تسري تيارات مروّعة بدون توقف حول أنشوطات الوتر الكوني، وعندما يتذبذب هذا الوتر فإنه لا يشع فقط موجات جاذبية - كما ذكرنا من قبل - وبل أيضا موجات كهرومغناطيسية وبكميات هائلة، مما ينتج عنه تكوين فقاعة متمددة للمادة حول كل أنشوطة، وهذا هو تفسير آخر لنشوء المجرات، ولكن في هذه الحالة ليس من الضروري أن تقع أنشوطات الوتر الكوني في مراكز المجرات.

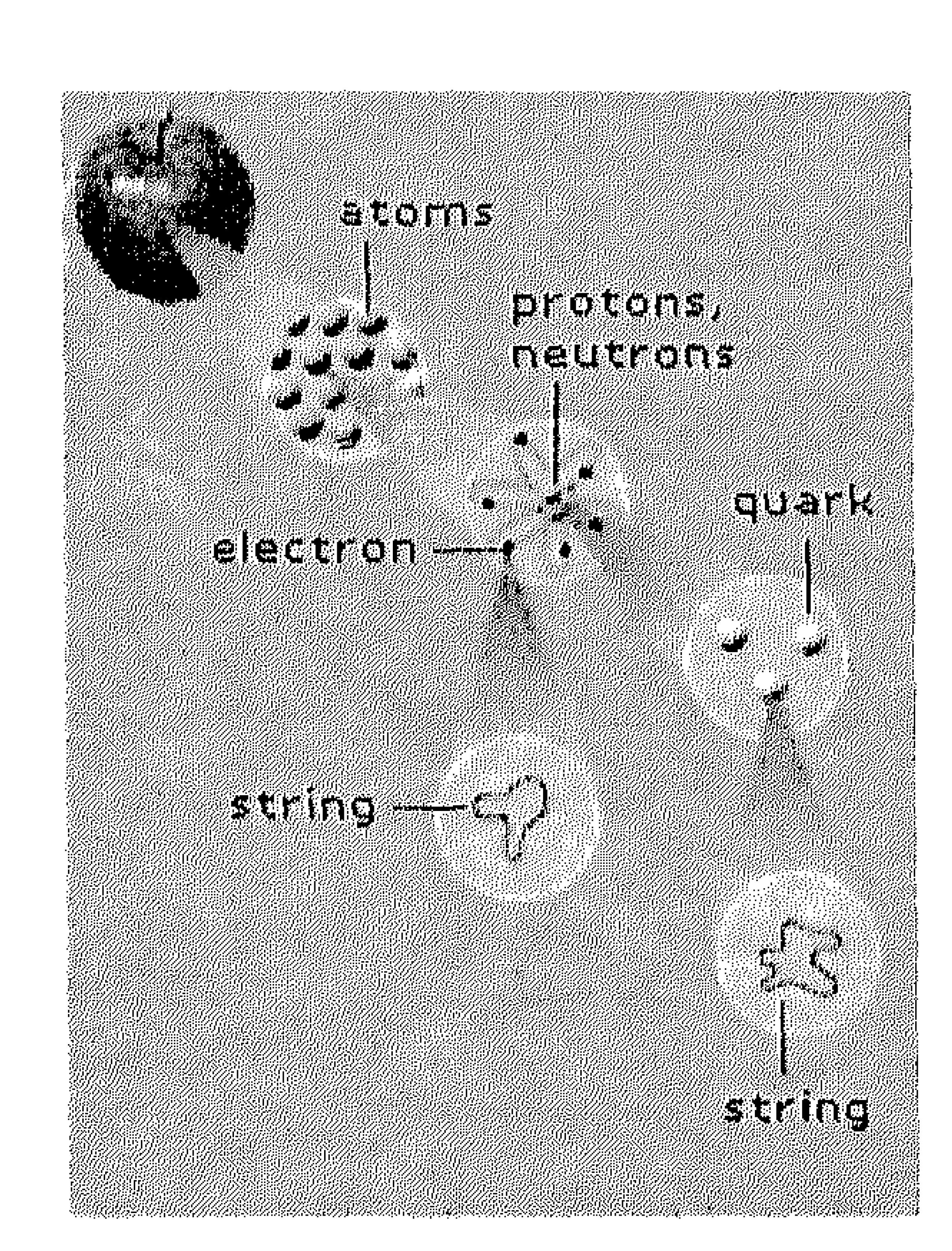
ويؤكد أصحاب هذه النظرية قولهم، بأن الطريقة التي تتوزع بها المجرات عبر الفضاء تشبه الطريقة التي يجب أن تتوزع بها الأوتار الكونية. وعند رصدنا لعنقود يحتوي على الآلات من المجرات، علينا أن نبحث عن آثار الوتر الكوني في شكل مجرة نشطة غير عادية، مزاحة من منتصف هذا العنقود المجرّي.

## الجدول الزمني لنشوء فكرة الأوتار الفائقة بالتالي:

- في عام 1968 وعندما كان الفيزيائي الإيطالي غبرايل فينيزيانو Gabriele Veneziano يحاول فهم القوة النووية الشديدة اكتشف أن معادلة رياضية قديمة لعالم الرياضيات السويسري ليونارد أولير (1707 – 1783 ) Leonhard Euler تطابق مفهوم القوة النووية الشديدة.
- في عام 1970 ظهرت نظرية أخرى اسمها الكروموديناميك الكمومي نجحت في وصف التفاعلات الشديدة وبنتيجة ذلك وبالرغم من حصول قدر هائل من العمل في النظرية الوترية أثناء تلك المرحلة المبكرة هجر معظم الناس الموضوع في أواسط السبعينات عندما أنشئ الكروموديناميك الكمومي.

- في عام 1974 قام الأمريكي جون شوارتز (مواليد 1941) والفرنسي جوئيل شيرك (انتحر في عام 1979) بدراسة استخدام الأوتار لتوصيف القوة النووية الشديدة و الجاذبية في آن واحد وتوصلوا إلى أن الأوتار يجب أن تكون أصغر بكثير مما كان يعتقد في البدء .
- في عام 1980 وبعد انتحار جوئيل شيرك تعاون جون شوارتز مع الفيزيائي البريطاني مايكل جرين (مواليد 1946) Michael Boris Green بخصوص تطوير السلوك الرياضي المفصل للنظرية الوترية ذات الأبعاد العشرة ونجحوا في عام 1984 في حذف الشذوذ المتعلقة بنظرية الأوتار وأدى ذلك إلى إزدياد تقبل النظرية و أزداد بشكل كبير عدد المشتغلين بهذا الموضوع.

## نموذج الوتر




بمقتضى نظرية الأوتار هذه فإن محتويات الكون ليست جُسيمات أولية Particles ، بل خيوط دقيقة جداً ، ذات بُعد واحد أشبه بأشرطة مطاطية متناهية الدقة ، تتذبذب إلى الأمام والوراء. وتقول هذه النظرية أن الأوتار مقومات مجهرية فائقة الصغر تتكون منها الجسيمات الدقيقة التي منها تتكون الذرات وعليه فإن لبنات الطبيعة الأساسيه تتكون من أوتار دقيقه مهتزه. فإن كان ذلك صحيحا فإن كل أشكال المادة بدءا من أجسادنا وانتهاء بالنجوم البعيدة تتكون في الجوهر من أوتار. لم يشاهد أحد هذه الأوتار ذلك أنها أكثر الأوتار ضالة من أن ترى أو تلاحظ ويبدو عالمنا وفقا لنظرية الأوتار الفائقة مصنوعا من جسميات نقطيه لأن أدوات قياسنا بدائية وبسيطة لدرجة لا تستطيع معها أن تتحسس تلك الأوتار الضئيلة. وطول الوتر، كما يزعم

أصحاب هذه النظرية ، أصغر بمقدار مئة بليون بليون مرة من نواة الذرة. هذه الصورة تكملة للفكرة القديمة التي أدخلها موري غيل Murray Gell-Mann و كازوهيكو نيشيجيما Kazuhiko Nishijima في عام 1961 والتي نصت على إن النيوترونات والبروتونات مصنوعة من كواركات. حيث أضافت نظرية الأوتار الفائقة إن على هذه الكواركات أن تكون مضمومة معاً بقوة ما ، وبذلك كانت الصورة أن الأوتار وصف للقوة التي تمسك بالكواركات معاً ، على شاكلة نتف من المطاط. ويمكن أن يتخيل المرء بأن الكواركات وكأنها مربوطة عند أطراف هذه الأوتار.

تنص النظرية بأن الوتر (الوحدة البنائية الأساسية للدقائق العنصرية من إلكترونات و بروتونات و نيترونات و كواركات) من المحتمل أن يكون عبارة عن خيط دائري مغلق ومن المحتمل أيضا أن يكون خيط مفتوح بطرفين. فبالنسبة للقوى الثلاثة الكهرومغناطيسية و القوة نووية قوية و القوة نووية ضعيفة يكون الوتر مفتوح و بطرفين "ملتصقين" بغشاء الكون. أما بالنسبة لقوة الجاذبية فالوتر عبارة عن خيط دائري ليس له طرف ليرتبط بهذا الكون بل له الحرية بالدخول و الخروج من هذا الكون. وللتوضيح فعندما يجذب المغناطيس المسمار من على سطح الأرض فالجزيئات التي تجذب المسمار إلى المغناطيس مثبته على غشاء الكون. أما القوة المضادة و هي قوة الجاذبية فجزيئاتها تدخل و تخرج من هذا الكون لعدم ارتباطها بالغشاء ، لكن لا يوجد حتى الآن أي إثبات عملي على هذا الكلام لأن هذه الأوتار متناهية في الصغر ومن المستحيل رؤيتها لذلك فالطريقة الوحيدة لاختبار هذه النظرية هي البحث عن تنبؤات هذه النظرية.

من المفترض أن تقوم نظرية الأوتار الفائقة بفهم جميع الأحداث المبكرة عند نشوء الكون و وقوع الانفجار العظيم حيث يعتقد ستيفن هوكينغ أن الحرارة الهائلة للانفجار العظيم تؤدي إلى انعدام الفوارق بين الزمن والفضاء ، ويُصبح الزمن بُعداً فضائياً ، أي أن الزمن "يتفضأ" على حد تعبير هوكنغ. وقد استند هوكنغ إلى

الأعداد التخيلية، وطبقها على مفهوم الزمن، وعند ذلك سيفقد الزمن طابعه الأساسي في جريانه الدائم باتجاه واحد (هو المستقبل)، أو ما يُسمى سهم الزمن، وهذا الزمن الخيالي سيؤشر إلى الاتجاهين المتعاكسين. وتصور هوكنغ أن الزمن يرتد إلى الوراء في ظروف خاصة: يحدث هذا كما قال، عندما يكفّ الكون المتحدد حالياً عن النمو ويبدأ بالتقلص. في عام 2002 ألف هوكينغ كتابه الكون في قشرة جوز وفيه يقول إن الكون بدأ في شكل كرية مفلطحة في أجزاء منها، تشبه قشرة الجوز في حجمها وشكلها وإن الثقوب السوداء لم تعد كاملة السواد، وإنما هي تشع وتتبخر لتتلاشى، وحيث ينشأ الكون من بذرة حجمها وشكلها كثمرة جوز.

إستنادا إلى العالم الأميركي بريان غرين Brian Greene (مواليد 1963) في كتابه الكون الأنيق (The Elegant Universe (2000 فإنه في ومضات زمنية قصيرة جداً (نحو واحد على عشرة ملايين الترليونات، الترليونات، الترليونات من الثانية) ومسافة فضائية قصيرة جداً (نحو واحد من بليون ترليون ترليون من السنتيمتر)، تشوه اضطرابات ميكانيك الكم والفضاء والزمن الى حد أن المفهوم التقليدي لليسار واليمين والخلف والأمام، والأعلى والأسفل والقبل والبعد يصبح لا معنى له ويعتقد غرين أن العالم مشرف على ثورة كبرى، ستكشف النقاب عن الطبيعة الجوهرية للزمن والفضاء، هذه ستتمخض عن صوغ لقانون طبيعي جديد بكل معنى الكلمة سيُلزم العلماء على التخلي عن مصفوفة الفضاء - الزمن التي كانوا يتعاملون معها لقرون، مقابل عالم مجرد من الفضاء والزمن.

**الصعوبات التي تواجه نظريات الأوتار:**

- ذلك الجسيم عديم الكتلة (الوتر عبارة عن جسيم ذو كتلة افتراضية تخيلية وتم إطلاق تسمية تاكيون tachyon على هذا الجسيم) الذي تفرزه الرياضيات إلزامياً ولا ينتمي إلى مجموعة الجسيمات التي نصادفها في العمليات النووية.

- إن تماسك النظرية رياضياً يتطلب أن يكون الزمان ذا أبعاد أكثر من أربعة.
- عشرة أبعاد إضافية مسألة خطيرة جداً في مجال توصيف الجسيمات النووية، لأننا نعلم حق العلم أنه يوجد ثلاثة أبعاد مكانية وواحد زمني، وأن الموقف لا يحتمل مطلقا أبعاداً إضافية.
- إحدى المسائل البارزة في برنامج الأوتار الفائقة هي مسألة تحديد الشكل الخاص الذي تتخذه الأبعاد الإضافية في التفافها على نفسها.
- النظرية ليست مفهومة فهماً كاملاً والمشكلة الكبرى تكمن في محاولة فهم لماذا يجب أن يكون واحد من هذه الحلول أحسن من سواها. لا يوجد في المرحلة الراهنة أية طريقة للاختيار بين هذه الحلول سوى القول بأن أحدها يتفق مع الطبيعة أحسن من غيره لكن لا يوجد معيار رياضي لاختيار الأحسن.
- التعويل على فكرة أن العالم قائم حقا على مبادئ رياضية وأنه يوجد تفسير منطقي لكل شي والرياضيات طريقة لوصف الأشياء بشكل منطقي.

صعوبة بل استحالة اختبار النظرية بصورة عملية في المختبر بسبب الحيز الذي هو عبارة عن مسافات بالغة الصغر.

### 6. نظرية الكون المدور

ربما تستطيع نظرية مثيرة للجدل توضيح احد اكبر الألغاز في علم الكونيات. وهي تفيد بان الكون قد انبثق للوجود ليس لمرة واحدة، ولكن بشكل متواصل في حلقة لانهائية من الموت وإعادة الحياة. تسمى هذه النظرية بنظرية الكون المدور cyclic universe، ويمكن لها أن توضح السبب في أن الشكل الغامض والمقيت من الطاقة المعروف بـ(الثابت الكوني) والذي يُعجّل انفجـار الكون هو اصغر بعدة مرات من المتوقع في نموذج الانفجار الكبير Big Bang القياسي. اقترح بأول ستينهاردت من جامعة برينستون ونيل توروك من جامعة كامبردج في دراسة حديثة

بان الثابت كان ذات مرة اعظم بكثير، ولكن قيمته اضمحلت مع كل إعادة تجسيد للكون.

يُعتقد بان الثابت الكوني، المعروف أيضا لامدا lambda ، هو شكل من أشكال الطاقة يعمل على أن تثبط الجاذبية نفسها مما يؤدي الى تسارع انفجار الكون. وقد اقترح اينشتاين مبدئيا هذا الثابت كقوة معارضة لقوة الجاذبية في المادة لتوضيح السبب في كون الكون يبدو ساكنا، لا في حالة نمو ولا في حالة انكماش. ولكنه طرح هذه الفكرة جانبا في وقت لاحق، على كل حال، حينما أظهرت ملاحظات الفلكي ادوين هابل ان الكون في الحقيقة يتوسع. وأعيدت الحياة إلى لامدا في أواخر التسعينيات حينما اكتشف الفلكيون إن الكون ليس فقط في حالة توسع، وإنما هو يتوسع بتعجيل متسارع .

لازال العلماء غير واثقين من طبيعة لامدا. استنادا الى إحدى الأفكار الشائعة، فإنها طاقة الفضاء نفسها. واستنادا الى فيزياء الكم، فان الفضاء الذي يبدو عبارة عن فراغ خاو يحتوي في الحقيقة على جزيئات شبحيه تومض باستمرار داخل وخارج الوجود بما يشبه زَبَد البحر .أن هذه الجزيئات تتحرك بسرعة عالية ولكن طاقاتها تجتمع لتعطي كل سنتيمتر مكعب من الفضاء كمية محددة من الطاقة. وطبقا للنظرية النسبية العامة، فان "طاقة الفراغ "تنتج قوة معارضة للجاذبية تعمل على دفع الفضاء –مع المادة ضمنه- مبتعدا .

ولكن هناك مشكلة: أن قيمة لامدا التي اكتشفها العلماء تقل بعدد مكون من واحد أمامه 100 صفر من المرات عن القيمة التي تنبأت بها النظرية. لتوضيح هذا الفرق الهائل، أُجبر العلماء على ان يأتوا بنظريات هي الأكثر جموحا على الإطلاق .

إحدى الأفكار تقول بان قيمة لامدا هي في الحقيقة ليست قليلة ولكنها تبدو كذلك لأنها تتعرض للإلغاء من قبل قوة أخرى غير معلومة، بدقة تقترب من الكمال. على انه لحد الآن لم يعثر على ميكانيكية يمكن لها أن تسبب مثل هذا الإلغاء.

الحل البديل يمكن في الانتقاء الانثروبي anthropic selectio ، وهي فكرة مثيرة للجدل تحاول أن توضح لماذا تبدو قيمة عدد كبير من الثوابت الطبيعية هي القيمة الصحيحة تماما لانتهاج الحياة. لو كانت قيمة لامدا كبيرة جدا، على سبيل المثال، لكان الكون توسع في وقت قصير بعد حدوث الانفجار الكبير.

استنادا لما يسمى بمبدأ الانثروبي Anthropic Principle يجري انتقاء صفات معينة للكون حسب المتطلبات التي يستطيع المراقبون – البشر في حالتنا – إدراكها. بعبارة أخرى، فقط في الكون الذي تكون فيه قيمة لامدا صغيرة، يمكن لكائنات ذكية أن تتواجد فيه، ويمكنهم أن يتعجبوا لماذا تكون قيمتها صغيرة.

هناك عدة أفكار حول كيفية عمل الانتقاء الانثروبي. احد الاحتمالات هو وجود عدة عوالم متوازية تتعايش مع بعضها البعض، وكل منها لديه ثوابت من قيم مختلفة، وفي عالمنا يمكن لهذه الثوابت أن تحافظ على الحياة. فكرة مشابهة تقضي بان هناك كون واحد فقط لانهائي، ولكن قيمة لامدا تتغير من منطقة الى أخرى. وقد تصادف إننا نعيش في فقاعة نادرة تكون فيها قيمة الثابت هي بالضبط المطلوبة لتشكيل المجرات والنجوم.

لا يطمئن العديد من العلماء للانتقاء الانثروبي لأنه يقترح أن القوانين الفيزيائية يمكن أن تكون مختلفة في أجزاء بعيدة من الكون. وفي أقوى حالاته، يمكن النظر للانتقاء الانثروبي على انه داعم لنظرية الخلق، بما انه يقترح أن الكون متناغم بطريقة ما، خصوصا للحياة الذكية.

يقول ستينهاردت: "تقترح فكرة الانثروبي انه لغرض فهم الكون الذي نراه، علينا أن نضع افتراضات قوية جدا حول أكوان لا نراها .وهي تفترض كذلك أن كوننا ليس قياسيا. أن هذه الافتراضات تعتبر غير طبيعية بالنسبة للعلم ومن غير الواضح فما إذا كان علينا التوغل في مثل هذا الاتجاه الجذري ."

اقترحت فكرة الكون المدور لأول مرة عام 2002 من قبل ستينهاردت وتورك، كبديل للانتقاء الانثروبي. يقول ستينهاردت: "أن قيمة لامدا هي احد الألغاز الرئيسة في الفيزياء. لقد كانت محيرة لدرجة أنها قادت مجتمع الفيزيائيين الى طريقة الانثروبي. لذلك من المهم معرفة فيما إذا كان يوجد حل غير انثروبي ." وجاءت آخر ارهاصة للباحثين بشأن نموذجهم هذا بان قيمة لامدا تضمحل خلال الزمن مع مرور كل دورة للكون وحتى خلال نفس الدورة. لقد جرّب العلماء تغيير قيمة لامدا من قبل ضمن سياق نموذج الانفجار الكبير القياسي، ولكنها لم تفلح لان الزمن المطلوب لكي تصل الى قيمتها الحالية المنخفضة كان اكثر بكثير من العمر المعروف للكون. أن ضم اضمحلال لامدا الى تدوير الكون يحمل حلا محتملا لهذه المشكلة .

على الرغم من أن الكساندر فيلنكين، وهو عالم كونيات من جامعة توفتس في ماساشوستس وهو غير مشارك في هذه الدراسة، عبّر عن بعض التحفظات حول نظرية تدوير الكون، إلا انه قال بان الحل الذي قدمه ستينهاردت وتوروك لمسألة الثابت الكوني كان "عبقريا ."

في كون قابل للتدوير، المادة والطاقة الجديدتين تُخلق في كل حوالي تريليون سنة عندما تصطدم ما يشبه صفحيتي برين Brane على طول بعد إضافي للفضاء. البرينات تنبأت بها النظرية الخيطية .(1) string theory ولان الدروات يمكن أن تكون لانهائية، فان عمر الكون قد يزيد كثيرا على رقم 14.7 مليار سنة التي

يقدرها العلماء حاليا. وهذا يمنح وقتا كافيا لـ(لامدا) كي تتقلص الى القيمة التي يراها الفلكيون الآن .

يعتقد ستنيهاردت وتورك أن لامدا تقل قيمتها بطريقة بحيث أن معدل الاضمحلال يقل مع الزمن .وهذا يعني أن المراقبين الذين يقيسون قيمة لامدا يحصلون على الأرجح على قيمة صغيرة لا قيمة كبيرة. وبسبب كون القيمة العالية لـ(لامدا) تمنع الكون - كما نعرفه- من التشكل، فان الدورات الاولى للكون ربما كان خاليا من المجرات والنجوم والحياة. فقط في الدورات المتأخرة، عندما اضمحلت لامدا الى قيمة اصغر بكثير، أمكن للمادة أن تتجمع لخلق العالم الذي اعتدنا عليه الآن .

يقدر الباحثان أن كل دورة تستغرق تريليون سنة. طيلة هذه المدة يقوم الكون بمرحلته الطبيعية، ولكن حتى يحين الأجل تتحرك المادة والطاقة خلال الفضاء الى أن تضمحل تماما. يقول ستينهاردت: "في الواقع، تصبح من الضآلة بحيث إننا لا نرى حتى ولو جزئية واحدة من تلك المادة الأولية والإشعاع ضمن أفقنا، تلك الرقعة من الفضاء التي يمكننا أن نرى ."

وحالما يتم إفراغ الكون، فان قوى جاذبية ضعيفة تجلب (برينات) كوننا الاثنتين الى تصادم كوني .أن كل تصادم هو أساسا (انفجار كبير) ينفخ في الكون المسن مادة وطاقة جديدتين. يقول ستنهاردت أن نظريتهم الجنونية يمكن أن تُختبر: نظرية الانفجار الكبير التضخمية تتنبأ بان موجات الجاذبية تحدث – في نهاية رحلة التضخم – أثراً على الموجات الكونية شديدة القصر (المايكروويف)، وهو تشويش من إشعاع كهرومغناطيسي يملأ الكون. إذا أظهرت التجارب المستقبلية نموذج استقطاب ناتج عن هذه الموجات فإنها سوف تدحض نظرية الكون المدور، وتطرحها من قائمة الحلول المحتملة لمسألة الثابت الكوني.

### النظرية الخيطية

تقوم على أن الوحدات البنائية الاساسية للمادة هي ذات بعد واحد وليست جزيئات غير بُعدية كما تفترض الفيزياء الجزيئية، والبرينات هي الأجسام الممتدة مكانيا، أما الصفيحة فهي السطح الذي تشكله تلك الخطوط الاساسية خلال حركتها مع الزمن

# الفصل الثاني

# فيزياء النجوم

# الفصل الثاني

# فيزيـــاء النّجـــوم

- القـــدر الظاهـــري
- القـــدر المطلـــق
- الدليـــل اللونـــي
- أبعاد النجوم وقياسها
- الأنواع الطيفية للنّجوم
- تصنيف النجوم حسب الدراسات الطبقية
- النجوم النابضة
- النجم النيوتربي
- أنواع النجـــوم
- المجـــــرّات
  - المجرات الحلزونية
  - المجرات البيضاوية
  - المجرات غير المنبطحة
  - تمدد الكـــــون
- ما بين النجـــوم
  - الوسط البنجيمي
    - مكونات الوسط البنجيمي
    - تأثير الغلاف البنجيمي على النجوم
  - التغذية الراجعة الإيجابية
  - التغذية الراجعة السلبية
  - الغازات بين النجوم
  - مناطق HII
  - الغيوم الجزيئية
  - الجزيئات البنجيمية
- نموذج الجليد القذر
- تولّد الطاقة في مجرتنا

# الفصل الثاني

## فيزياء النجـــــــــوم

تتفاوت درجة لمعان النجوم في السماء للناظر إليها من الأرض ولان عامل البعد عن كوكب الأرض يؤثر في درجة هذا اللمعان فالنجوم القريبة منا ر بما تبدو أكثر لمعانا من البعيدة عنا. وعلى العكس فالنجوم البعيدة يضعف لمعانها لكبر المسافة بيننا وبينها. أن المصطلح المستخدم في تقدير بريق النجوم أو شدة لمعانها يسمى قدر النجوم (Star Magnitudes) وقد اتفق علماء الفلك على تقسيم النجوم - التي يمكن رؤيتها سواء بالعين المجردة أو بالتلسكوب - إلى ٢٣ قدرا ونحن لا نستطيع أن نرى بالعين المجردة إلا النجوم التي تنتمي إلى القدر السادس فقط. فأقل النجوم خفوتا - والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة - تعتبر من القدر السادس أما التي من القدر الخامس فيزيد لمعانها عنها مرتين ونصف تقريبا والتي من القدر الرابع اشد لمعانا من سابقتها في القدر مرتين ونصف أيضا وهكذا وبذلك أمكن تقسيم أقدار النجوم ونسبة لمعانها الى: القدر الأول ١٠٠ ـ القدر الثاني ٣٩٫٨ ـ القدر الثالث ١٥٫٨٥ ـ القدر الرابع ٦٫٣١ ـ القدر الخامس ٢٫٥١ والقدر السادس واحد. نجوم القدر الأول تزيد ١٠٠٠ مرّة في اللمعان عن نجوم القدر السادس، أي أنه كلما قلّ القدر زاد اللمعان. وبالمقياس نفسه نجد أن قدر الشمس كنجم هو (ـ ٢٦٫٧ ) ونجوم الأقدار السالبة أكثر لمعاناً من نجوم الأقدار الموجبة، كما أن نجوم القدر (صفر) أشدّ لمعاناً من نجوم القدر الأول.

لذلك يجب أن نفرّق بين أقدار النجوم وبين لمعانها، أي بريقها وعلاقة لمعان النجوم وأقدارها تعطى بالعلاقة:

$$\frac{b_1}{b_6}=100$$

**القدر الظاهرى :**

القدر ظاهري للنجوم هو الذي نرصده لها، وبالطبع فإن الشمس لها أصغر قدر ظاهرى - 26.7 أي أعلى لمعان ظاهري، ويليها القدر الظاهرى للقمر - 12.6، ثم الزهرة بقدر - 4.4 ثم المريخ والمشتري في حدود - 2 ، ألمع النجوم وهو الشعرى اليمانية فقدره - 1.5 ، أما بلوتو فله قدر ظاهرى مقداره +14.9 . والعين البشرية لا تستطيع أن ترى نجوما أعلى من القدر السادس. والإشارة السالبة تعنى قدراً أصغر بينما الموجبة تعنى قدراً أكبر. والمفروض أن القدر من الخواص الملازمة للنجوم، فإذا حدث تغير لهذا القدر فهذا يعنى أن النجم غير مستقر وأنه من النجوم المتغيرة أو الموجودة في نظام ثنائى. ولكن لا نستطيع من خلال القدر الظاهرى للأجرام أن نحكم على شخصيتها ومدى لمعانها بشكل حقيقي، فقد يكون القدر الظاهرى لنجم ما صغير لقربه منا بينما القدر الظاهرى لنجم بعيد عنا كبيرا وهو في الأصل لامع. كذلك نلاحظ أن القمر ظاهريا ألمع من كوكب الزهرة رغم أن كوكب الزهرة أكبر بكثير من القمر ولكن لقرب القمر وبعد الزهرة النسبي نرى القمر أكثر لمعانا من الزهرة. ونفس المقارنة يمكن أن نعقدها بين أي من النجوم والقمر مثلا. ولذلك تعارف الفلكيون على قدر آخر أسموه القدر المطلق وفكرته هو البحث عن وسيلة نلغي بها تأثير المسافات على لمعان النجوم.

**القدر المطلق:**

إذا تصورنا كرة نصف قطرها 10 بارسك والشمس في مركزها وافترضنا أن كل النجوم قد وضعت على سطح هذه الكرة فإن القدر الذي نرصده لهذه النجوم سوف نسميه القدر المطلق

جدول (1- 10)

القدر المطلق لبعض الأجرام

| الجسم | القدر المطلق |
|---|---|
| كوازار | 28 - |
| المع مجره | 25 - |
| درب التبانة | 20.5 - |
| سوبر نوفا | 18.8 - |
| الشمس | 4.8 + |
| الزهرة | 28.2+ |
| القمر | 31.8+ |

**الدليل اللوني Color index**

لـدليل اللـوني يعـرف بـالفرق بـين القـدرين في نطـاقين مخـتلفين. وقـد اتفـق الفلكـيين علـى ثلاثـة ألـوان تحسـب عنـده الأقـدار: الضـوء المرئـي والأزق والبفسـجي. ومن ثم فإن الدليل اللوني بين الضوء المرئي والأزرق يكتب كما يلي:

$$b\text{-}v = m_b - m_v$$

حيث $m_b, m_v$ الأقدار في اللونين الأزرق والضوء المرئي. ولو تصورنا نجما لونه مائلا للحمرة فإن قدره المرئي سيكون أقل من قدره الأزرق وبالتالي فإن الدليل اللوني b-v سيكون كمية موجبة. أما إذا كان النجم مائلا للزرقة فسيكون الدليل اللوني له كمية سالبة. ومن هنا يتضح أنه يمكن من خلال الدليل اللوني التعرف على النوع الطيفي للنجم.

**أبعاد النجوم وقياسها:**

تبلغ المسافات عن النجوم في مجرتنا وخارجها ملايين ملايين الكيلومترات، لذلك يستخدم الفلكيين وحدات خاصة لقياس هذه المسافات.منها:

- **الوحدة الفلكية (Astronomical Unit):**

تستخدم للتعبير عن أبعاد الكواكب عن الشمس، وتكافئ هذه الوحدة 150 مليون كم وهو متوسط بعد الأرض عن الشمس.

- **السنة الضوئية (Light Year):**

هي المسافة التي يقطعها الضوء (بسرعته 300000 كم/ث) خلال سنة أرضية واحدة (أي خلال 365.25 يوم أرضي) وتكافئ تقريباً 10 مليون مليون كم.

- **الفرسخ الفلكي (Parsec):**

هو المسافة التي يبعدها نجم ما بحيث يكون اختلافه الظاهري ( Stellar Parallax) ثانية قوسية واحدة، وهو يكافئ 3.26 سنة ضوئية، أما كلمة Parsec فهي مشتقة من كلمتين: (Parallax) أي الاختلاف الظاهري، و كلمة: (Arc Second) أي ثانية قوسية.

- **الاختلاف الظاهري النجمي (Stellar Parallax):**

"اختلاف المنظر" أو "الاختلاف الظاهري" من أول الطرق التي استخدمها علماء الفلك لتقدير أبعاد النجوم، وكان الفلكي الألماني فريدريك بيسل أول من استخدمها في ثلاثينات القرن التاسع عشر، ونحنُ نستطيع استبيان مبدأ هذه الطريقة بسهلة، فعندما نضع يدنا أمام وجهنا على مسافة قريبة، ثم ننظر لها بعين واحدة كل مرة، سنلحظ أن اختلافاً "ظاهرياً" في موقعها بالنسبة لمشهد

الخلفية الذي نراها من أمامه، هذا "الاختلاف الظاهري" يزداد كلما كان الجسم المنظور أقرب إلينا، وكلما كانت المسافة بين منطقتي الرصد (المسافة بين العينين في مثالنا السابق) أكبر.

ولتطبيق هذه الطريقة في قياس أبعاد النجوم عن الأرض، يستفيد الفلكيون من دوران الأرض حول الشمس، حيث يرصدون نجماً ما بحيث يحددون موقعه بدقة على خلفية نجوم أخرى، ثم وبعد ستة أشهر، أي بعد أن تحتل الأرض في مدارها حول الشمس موقعاً مقابلاً للموقع الأول الذي تم منه الرصد (والمسافة بين هذه الموقعين معروفة وهي تساوي وحدتين فلكيتين، أي 300 مليون كم) يعاود الفلكيون رصد ذات النجم وتحديد موقعه على الخلفية النجمية، والتغير الظاهري في موقع النجم يتعلق ببعدنا عن النجم، فيكون الاختلاف الظاهري كبيراً للنجوم القريبة وصغيراً للنجوم الأبعد، لكنه وفي كل الأحوال يقاس هذا الاختلاف بأجزاء من الثواني القوسية (الثانية القوسية جزء من 3600 جزء من الدرجة القوسية، ولندرك هذا الرقم نتذكر أن قرص القمر في طور البدر في سماء الأرض يبلغ تقريباً 0.5 درجة قوسية).

### السطوع (Luminosity):

هو مقدار الطاقة التي يطلقها جسم ما في الثانية، فمثلاً سطوع الشمس: ($4\times10^{26}$ واط) وهو مرتبط بمعدل استهلاك النجم لوقوده (أي تحويل الهيدروجين إلى هيليوم بالتفاعل الاندماجي)، وتحديد سطوع النجم مهم في معرفة نصف قطره، وبُعده عنا، والعلاقة التي تربط بين السطوع الظاهري وبعد النجم تدعى بقانون التربيع العكسي (Inverse Square Law) .

## القدر النجمي (Stellar Magnitude):

يعود مفهوم قدر النجم (مقدار لمعانه) إلى اليوناني هبارخوس (190 – 120 ق.م) حيث صنف النجوم إلى مراتب وفق شدتها الظاهرية، فالنجم ذو الإضاءة الساطعة والواضحة في القبة السماوية أعطاه القدر واحد، بينما أعطى القدر ستة للنجوم الأكثر خفوتاً، وصنف باقي النجوم بين القدرين (واحد، ستة) وفق شدة إضاءتها الظاهرية، وإننا بالعين المجردة لا تستطيع رؤية نجم قدره أكثر من ستة، أما باستخدام أجهزة الرصد البصرية فإن قدر النجوم الممكن رصدها يرتفع حتى (+23)، كما نجد أن كوكب الزهرة (ثالث ألمع جسم في سماء الأرض بعد الشمس والقمر) قدره الظاهري (‎-4.3‎).

إن الشدة الظاهرية طبعاً ليست مقياساً حقيقياً للشدة الحقيقية لإضاءة النجم، فمثلاً الشعرى اليمانية وهي أكثر نجم لامع في السماء وقدره (‎-1.43‎) أقوى في حقيقته بـ 26 مرة من شمسنا والتي نعطيها القدر (‎-26.5‎)، لأن بعده عنا 8.6 سنة ضوئية، إذن، إن فروق القدر تتناسب مع نسب السطوع، فإذا كان الفرق بالقدر بين نجمين 5 (أي أن أحد النجمين من القدر الأول، والثاني من القدر السادس) فإن النجم الأول يكون أسطع من النجم الثاني بـ 100 مرة، وهذا يعني أن نسبة اللمعان لنجمين يختلفان بقدر واحد هو الجذر الخامس للمئة أي 2.512 .

## الأنواع الطيفية للنجوم Spectral types of stars

يدرس الفلكيون ثلاث مميزات رئيسية من ضوء النجم: اللمعان، واللون، والطيف. ويوضح اللمعان كمية كتلة النجم، بينما يوضح اللون درجة حرارة سطح النجم، ويبين الطيف حركة النجم، والتركيب الكيميائي، ودرجة الحرارة. ويستخدم الطيف أيضًا لتمييز النجوم الأقزام من النجوم العملاقة.

من المعروف أن عدد الإلكترونات التى تفقدها الذرة تعتمد على درجة الحرارة وبالتالى فإن النجوم الساخنة سيكون طيفها معبرا عن غاز متأين بينما النجوم الباردة سيظهر طيفها ليعبر عن غاز تكون نسبة الأيونات فيه قليلة. وتغير مقدرا التأين يعنى تغير النوع الطيفي للنجوم.

**تصنيف النجوم حسب الدراسة الطيفية:**

نتيجة للدراسات الطيفية للنجوم تبين أنه يمكن تقسيم النجوم إلى أنواع. فالنجوم من النوع الطيفي O يتميز طيفها بخطوط هليوم متأين وبالتالي فإن درجة الحرارة في غلافه تكون 40- 60 ألف كالفن؛ أي أعلى من الشمس بكثير. يليه في الترتيب نجوم النوع الطيفي B والذي يميز غلافه الهليوم غير المتأين، ثم نجوم النوع الطيفي A وتتميز بخطوط الهيدروجين ودرجة حرارة سطحها 10 آلاف كالفن ثم نجوم النوع الطيفي F وتميزها خطوط الهيدروجين ومعادن متأينة (أيونات Ca, Fe, Chromium) ثم نجوم النوع الطيفي G، الشمس من هذا النوع، وتميزه خطوط المعادن المتأينة، ثم النوع الطيفي K وتميزه معادن غير متأينة، ثم أخيرا النجوم من النوع الطيفي M فهذا ناتج عن معادن غير متأينة وجزيئات TiO ودرجة الحرارة لهذا النجم تكون في حدود 3 آلاف كالفن؛ أي أبرد من الشمس. ومن ثم تم تقسيم النجوم تبعاً لطيفها إلى الأنواع O, B, A, F, G, K, M بحيث إن أعلاها حرارة من النوع O وأبردها يكون من النوع M.

كما تم تقسيم كل نوع طيفي إلى عشرة أقسام من 0 إلى 9. مثلا F0 هو ألمع أقسام نجوم النوع الطيفي F و F9 هو أخفت وأبرد نجوم النوع الطيفي F. وهكذا بالنسبة لبقية الأنواع الطيفية للنجوم. وشمسنا من النوع الطيفي G2.

لقياس الطّيف. يستعمل الفلكيون جهازًا يسمى المطياف أو مرسمة الطيف لقياس طيف نجم .يفكك المطياف ضوء النجم وينشره إلى طيف. ويعطي كل

عنصر شكلاً مختلفًا من الطيف معتمدًا على درجة الحرارة. ويستطيع الفلكيون تحديد التركيب الكيميائي ودرجة حرارة النجم بوساطة طيفه.

ويوضح الفلكيون طيف النجم بواحد من الحروف التالية: و، ب، أ، ف، ج، ك، م. ويمثل كل حرف نطاقًا طيفيًا. والنطاق الطيفي للنجم له علاقة دقيقة بدرجة حرارته. فالنجوم الزرقاء، على سبيل المثال، تنتمي إلى النطاق الطيفي "و"، والنجوم الصفراء تكون نجوم "ج"، وصُنفت النجوم الحمراء بالنوع "م".

وتظهر الألوان درجة الحرارة المتعلقة بالنطاق الطيفي في مخطط هيرتزبرونج راسل البياني يساعد هذا المخطط البياني الفلكيين في تصنيف ودراسة النجوم. تشير الأعمدة الملونة إلى النطاقات الطيفية المشار إليها بالأحرف وفقًا للحروف ودرجات الحرارة المدونة فوق المخطط البياني .يستدل على النجمة في المخطط البياني بنقطة موجودة (1) أفقيًا حسب النطاق الطيفي للنجمة و (2) رأسيًا طبقًا للارتفاع الأقصى. على سبيل المثال، تنتمي الشمس للنطاق الطيفي (ف) وذات ارتفاع أقصى قدره + 5. تضع هاتان المعلومتان الشمس ضمن التتابع الأساسي

مخطط هيرتزبرونج - راسل (هـ - ر). يوضح العلاقة بين سطوع نجم ونطاقه الطيفي. سمي المخطط باسم الفلكي الدنماركي إجنار هيرتزبرونج والفلكي الأمريكي هنري نوريز راسل. فقد أوضح هذان الفلكيان، كل بمفرده، فكرة المخطط في مطلع القرن العشرين. ومخطط هيرتزبرونج - راسل، رسم بياني فيه القدر المطلق موضح عمودياً، والنطاق الطيفي مُوضَّحٌ أفقياً، وتمثل كل نقطة في الرسم البياني القدر المطلق والنطاق الطيفي لنجم خاص. والخاصية البارزة لمخطط هيرتزبرونج - راسل هي أن النقط التي تمثل معظم النجوم تقع بالقرب من خط قطري. فمعظم النجوم الزرقاء مثلاً، تملك سطوعًا عاليًا، ومعظم النجوم الصفراء تكون متوسطة السطوع، ومعظم النجوم الحمراء أقل سطوعاً. ويسمي الفلكيون هذا التجمع من النقاط في المخطط التتابع الأساسي.

يحدد مخطط هيرتزيرونج - راسل أيضًا أنواعًا أخرى من النجوم. فبعض النجوم الحمراء عالية السطوع. وهناك أيضًا النجوم العملاقة والنجوم فوق العملاقة، ويأتي سطوعها العالي من أحجامها الضخمة. بعض النجوم البيضاء تكون ذات سطوع أقل بكثير من سطوع نجوم التتابع الأساسي البيضاء. وهناك النجوم القزمية البيضاء التي تكون أصغر كثيراً من نجوم التتابع الأساسي.وبمعرفة كلا من القدرين المطلق والظاهرى للنجم يمكن حساب بعد النجم ومعلومات أخرى عنه. وفي محاولة لتتبع بعض مشاهير النجوم سنلاحظ ما يلي:

1) **من نجوم التتابع الرئيسي:** بالقرب من موضع الشمس على التتابع الرئيسي سنجد نجم قنطورس، قيطس. وفي التتابع من أسفل سنجد النجم برنارد وبروكسيما قنطورس وعلى التتابع أعلى من الشمس سنجد نجم الشعرى الشامية والطير والنسر الواقع والشعرى اليمانية والسماك الأعزل.

2) **من نجوم العملاق الأحمر:** الدبران والسماك الرامح وقلب العقرب ومنكب الجوزاء كما أن رجل الجوزاء وسهيل وذنب الدجاجة من العمالقة الزرقاء.

3) **من الأقزام البيضاء:** رفيقي الشعرى اليمانية والشامية.

**النجوم النابضة Pulsating stars:**

النجوم النابضة هي نجوم صغيرة جداً وكثيفة إلى درجة كبيرة وتعرف باسم النجوم النيوترونية، وقد يصل قطرها إلى 20 كم فقط. ويمكننا أن نقيس نبضات دورية منتظمة من الأشعة الكهرومغناطيسية التي ترسلها تلك النجوم أثناء دورانها المغزلي. أن بعضها يدور بسرعة مغزلية عالية جداً، تصل إلى 1000 دورة في الثانية وهى نجوم تشع بدرجات متفاوتة في الأوقات المختلفة بحيث ترسل أشعة كثيرة في أوقات، كما تبدو خافتة في أوقات أخرى فتظهر لذلك كجسم نابض. وهناك أمثلة متعددة للنجوم النابضة، وهي مختلفة من حيث الطيف ومن حيث دورة نبضها.

فمن الممكن أن نجد نجماً ينبض مرة كل 2000 يوم ومنها ما ينبض مرة في اليوم. فالنجوم القيفاوية Cepheid variables تتراوح فترات النبض لها من ثلاثة أيام إلى حدود شهرين ونجوم السلياق RR Lyrae variables تنبض في دورة تستغرق عدة ساعات فقط مما يعنى أنها قصيرة الدورة.

وقد تم اكتشاف أول نجم نابض بالصدفة عام 1967 بواسطة (جوسيلين بل) و(أنتوني هيوسن). أثناء دراستهما مصادر معروفة للموجات اللاسلكية باستخدام منظار فلكي لاسلكي كبير في جامعة كمبردج، عندما اكتشفا نبضات دورية عبارة عن إشارات لاسلكية غير متوقعة، وكان يبدو أنها تصدر من أحد تلك المصادر. وفي البداية قاد انتظام النبضات إلى الاعتقاد بأنها قد تكون إشارات من حياة أخرى خارج الأرض، ولكن بعد اكتشاف مصادر أخرى أصبح تفسير سلوكها أكثر وضوحاً.

وسرعان ما اكتشف هذا النجم النابض، ثلاثة نجوم نابضة أخرى من قبل باحثي جامعة كمبردج، بالعديد من الاكتشافات في مراصد أخرى حول العالم. وقد كان سلوك تلك الأجسام المكتشفة متماثلا حيث تبث كلها نبضات قصيرة من الضوضاء الموجيَّة لفترة محددة ثابتة بالنسبة لكل نجم. وكان النجم النابض الأول، والذي سمي فيما بعد PSR 1919 + 21 نظرا لموقعه في السماء يبث نبضة كل 1.33 ثانية وكان للآخرين فترات وميضة تتراوح بين ثانية وعدة ثوان. وحديثاً تم اكتشاف نجوم نابضة تبث أكثر من 1000 نبضة في الثانية .

ومنذ عام 1967 تم اكتشاف وتوثيق أكثر من 1000 نجم نابض، ومن المقدر حالياً أن مجرتنا – الطريق اللبني – ربما تحتوى على أكثر من مليون نجم نابض. فلماذا إذن نواصل البحث عن نجوم نابضة أخرى؟ ما المثير في هذه النجوم بحيث يكون ألف نجم منهم عدد غير كاف؟ ولماذا نستخدم غالباً المناظير الفلكية اللاسلكية لملاحظة بعض النجوم النابضة المعروفة بمعدل مرتين في الشهر تقريباً؟

يمكن لـ 260 مليون نجم نابض أن يشغلوا نفس الحيز الذي تشغله الكرة الأرضية، كما أن 1.3 مليون كرة أرضية يمكن أن تشغل نفس الحيز الذي تشغله شمسنا. وبالرغم من ضآلة حجمها بالنسبة لحجم الأرض، فإن النجوم النابضة يمكن أن يبلغ مجال جاذبيتها بليون مرة قدر مجال جاذبية الأرض. ويعتقد الفلكيون أن هذه النجوم النيوترونية هي بقايا من نجوم منهارة أو نواتج انفجارات نجميه ضخمة . وعندما يفقد النجم المحتضر طاقته يبدأ في الانهيار .

وأثناء انهياره يتم سحق كل مادته مع بعضها فتزداد كثافتها. وكلما زادت كمية مادة النجوم المتجهة إلى مركزها تزداد السرعة المغزلية للنجم زيادة كبيرة، بنفس الطريقة التي تجعل المتزلجين على الجليد يدورون حول أنفسهم بصورة أسرع عندما يسحبون أذرعهم ويلصقونها في أجسامهم. ويفسر ذلك السرعة الدورانية الخارقة لبعض النجوم النابضة .

**النجم النيوترونى: Neutron star or Pulsar**

**تتشكل النجوم النيوترونية؟**

لكل نجم بداية ونهاية، وعندما يكون وزن النجم أكبر من وزن الشمس بمرة ونصف تقريباً، وعندما تنقضي حياة هذا النجم وينفد وقوده يبدأ بالانهيار ويمر في حالة تشبه الانحلال، فالإلكترونات لا تعود قادرة على البقاء في مداراتها حول الذرة، ولذلك سوف تُجبر على اختراق الذرة والانصهار في البروتونات، لتتشكل بذلك النيوترونات. وتولد حرارة تبلغ أكثر من مليون مليون درجة مئوية، وبالتالي فإن هذا النجم يتحول إلى نجم نيوتروني يزن أكثر من 400 مليون مليون كيلو جرام!

هكذا ينفجر النجم ويتهاوى على نفسه ويبدأ في مركزه تشكل النجم النيوتروني النابض والذي يبدأ بإطلاق نبضات أشبه بصوت المطرقة.

يؤكد العلماء أن هذه النجوم تبث أشعة عظيمة ولامعة، ففي عام 1979 سجل العلماء الشعاع الأكثر لمعاناً في السماء وقد كان ناتجاً عن نجم نيوتروني ثاقب، فقد بث هذا النجم كمية هائلة من أشعة غاما gamma rays وهي أقوى أنواع الأشعة الثاقبة، لقد بث خلال 0.2 ثانية كمية من الإشعاعات الثاقبة تعادل ما تبثه الشمس في ألف سنة!!! ويقول العلماء الذين رأوا هذا الشعاع إنهم لم يشاهدوا شعاعاً بهذه القوة واللمعان من قبل النجم النيوتروني هو عبارة عن نجم أثقل من الشمس بقليل وقد استنفذ وقوده النووي، فلم يعد قادراً على الاشتعال، فبدأ بالانكماش على نفسه وبدأت مادته بالتهاوي والسقوط نحو مركز النجم مما يؤدي إلى انضغاطه بشدة كبيرة وتفكك ذراته بفعل الجاذبية الهائلة إلى بروتونات وإلكترونات ومن ثم تندمج هذه الأجسام متحولة إلى نيوترونات، ولكن النواة تكون في حالة مختلفة حيث تبدأ في داخلها ذرات الحديد بالتشكل، وبالتالي يمكنك أن تتخيل كرة ضخمة من الحديد محاطة بسائل كثيف من النيوترونات، ببساطة هذا هو النجم النيوتروني النجم النيوتروني يبلغ وسطياً من 1.4 حتى 5 أضعاف وزن الشمس، وإذا زاد وزنه على ذلك سوف يتحول إلى ثقب أسود. أما نصف قطر هذا النجم فيبلغ من 10 إلى 20 كيلو متر

فإذا كان لدينا نجم نيوتروني وزنه 1.4 وزن الشمس، ونصف قطره 15 كيلو متر، فإذا علمنا بأن وزن الشمس هو 2 وبجانبه 30 صفراً كيلو غرام، أي ألفي بليون بليون بليون كيلو غرام، فإن وزن هذا النجم النيوتروني سيبلغ 2.8 ألف بليون بليون بليون كيلو غرام، وبحساب بسيط نستنتج أن كل سنتمتر مكعب من هذا النجم يزن 200 ألف مليون كيلو غرام

تزداد كتلة النجم النيوترونى عن 1.5 كتلة شمسية منكمشة في كرة نصف قطرها 10كم فقط، وقد تصل إلى 3 كتلة شمسية، ولذلك تكون كثافة مادته حوالى $10^{14}$ - $10^{15}$ جم/سم3؛ أي أن السنتيمتر المكعب من مادته تزن بليون

طن. إنها ظاهرة تستحق الدهشة والتعجب الشديدين فهذا أمر يصعب تصوره، كيف يمكن أن تكون في الكون مادة بهذا القدر من الانضغاط؟ وبهذه الصلابة وتلك الكثافة العالية؟ فسبحان من خلق فأبدع. وبالطبع فإن هذا النجم له كثير من الخواص العجيبة، وتوجد داخل مادته من الظواهر ما يدهش الألباب، ويوجد في مجرتنا وحدها العديد من النجوم النيوترونية.

أما النجوم ذات الكتلة الأكبر من 40 كتلة شمسية فإنها تستمر في التطور إلى مرحلة ما بعد النجوم النيوترونية حيث تنتصر الجاذبية على كل القوى الأخرى، وهو ما يعرف بالثقب الأسود، وذلك لأن قوة الجاذبية ترغم الأشعة على العودة إليه ولذلك يبدو كثقب أسود. وتطور النجم النيوترونى إلى ثقب أسود لا يستغرق فقط سوى 30/1 من الثانية. ولكن ليس من المعروف بالضبط أي الكتل تنتهى بحالة الثقب الأسود فإن ذلك يعتمد فيما يبدو على بعض الظروف للنجم مثل مقدار ما يفقده من مادة أثناء تطوره وكذلك سرعة دورانه. ولكن يمكن القول إن الكتل التي تزيد عن 30- 40 شمسية يمكن أن تنتهى كثقوب سوداء.

## انواع النجوم

إن أي شخص يرى النجوم ليلا في السماء يعتقد أنها متشابه، لكن ذلك غير صحيح فهي الكثير من الأنواع المختلفة، وهنا سأذكر بعضا من أنواعها فحسب:

**النجوم الثنائية:** معظم النجوم التي ترونها في السماء هي ليست نجوم منفردة كشمسنا، ولو استعملت منظرا فلكيا للاحظت أنها تكون عبارة عن نجمتين أو ثلاثة أو أكثر تحيا قرب بعضها البعض، وعلى عكس شمسنا فإن معظم النجوم هي ثنائية أو متعددة، وفي الواقع لو أن المشتري وهو أكبر كواكب نظامنا الشمسي كان أكثر كتلة بثمانية مرات لكان تحول إلى نجم وصار نظامنا الشمسي ذو نجمين وليس واحد فقط.

**النجوم الأولية:** وهي نجوم في مرحلة "الرضيع"، فرغم أنها متكونة من المواد الداخلية للنجوم إلا أنها لم تصبح بالحرارة الكافية بعد لكي تبدأ التفاعلات النووية في قلبها.

**الأقـــزام:** تمر النجوم بعدة مراحل من التوسع خلال حياتها، وعندما يكون حجمها عاديا بالنسبة لوزنها تُسم بالأقزام. والمقصود بالقزم هنا هو تحول نواة النجم إلى حجم صغير مقارنة بحجم الأصلي وذلك بعد أن تفقد معظم وقودها، وهناك ثلاثة أنواع من الأقزام:

1) **الأقزام البنية:** وهي نجوم لم تسخن بالقدر الكافي لتصبح نجما عاديا.
2) **الأقزام البيضاء:** هي نجوم خلال فترة "الاحتضار"، حيث تبدأ بفقد آخر ما تبقى من وقودها، ووصفها باللون الأبيض غير دقيق فعليا، كونها تتراوح في الألوان من الأبيض الساطع إلى الأحمر الخفيف.
3) **الأقزام السوداء:** كلا النوعين، الأول والثاني يتحول في نهاية المطاف إلى قزم أسود وهي نجوم ميتة غير مضيئة.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الأقزام البنية والسوداء تُعتبر من المادة المظلمة في الكون.

**قزم ابيض وسط مستعر عظيم**

**المستعرات:** النجوم العملاقة التقليدية تكون أكثر لمعانا من الشمس بـ1000 مرة على الأقل، و200 مرة أكبر حجما، ويُمكن أن تكون بكل الألوان طبقا لحرارتها. لكن النجوم الأكبر من ذلك بكثير ندعوها المستعرات أي "النجوم العظيمة" وهي أكبر النجوم التي وجدت على الإطلاق حتى الآن، إنها أكثر إشعاعا من الشمس بعشرة مليارات مرة.

**النجوم المتفجرة:** عندما يفقد نجم عظيم كامل وقوده فإنه ينكمش على نفسه ثم ينفجر انفجارا كارثيا، وهذا الانفجار هو ما ندعوه "النجم المتفجر" أو "المستعر الأعظم"، ويُشع هذا الانفجار مقدارا من الضوء يُمكن أن يُغطي الإشعاع المنبعث من مجرة بكاملها. ويترك هذا الانفجار خلفه غيوما ملونة مشعة من الغازات والتي تُعرف ب"السُدم"، وفي بعض الحالات ينتج أيضا عن هذا الانفجار نجم نوتروني.

**تطور الأقزام البيضاء إلى نوفا وسوبر نوفا**

# المجـــــــــرات

تنقسـم المجـرات إلى ثلاثـة أنـواع: حلزونيـة Spiral ، بيضـاوية Ellipticals و مجـرات غـير منتظمـة Irregular galaxies. تنقسـم الحلزونيـة بـدورها إلى نـوعين: حلزونية عادية و حلزونية ذات قضيب barred spirals ،

**المجرات الحلزونية Spiral galaxies**

ويتكـون هـذا النـوع مـن المجـرات مـن نـواة يحيط بهـا قـرص وهـالـة كـبيرة، وتخرج من النواة أذرع حلزونية (لولبية)، كما تنتشر مادة ما بين النجوم خلال قصر المجرة، وتوجد أنواع مختلفة من سحب ما بين النجوم منها ماهو قاتم يخفى ماهو خلفه من النجوم ومنها ماهو براق يعكس أضواء النجوم والنجوم حديثة الولادة توجد على الأذرع، كما توجد عليه أيضاً النجوم العملاقة اللامعة، وكذلك توجد الحشود المفتوحة على الأذرع أما الحشود الكرية فتوجد في الهالة. وتحتوى M31 على 200 حشد كري، وبشكل عام تحتوي المجرات الحلزونية على نجوم قديمة وأخرى حديثة التكوين. وقد لوحظ أن أكثر من ثلث المجرات الحلزونية لها قضيب يخرج من طرفى النواة وتبدأ الأذرع مع نهاية القضيب، وتسمى هذه الأنواع بالمجرات الحلزونية ذات القضيب، والأذرع إما تكون شديدة الالتفاف حول النواة أو تكون مفتوحة بشكل كبيرة وتدور المجرات الحلزونية بحيث تجر الأذرع وتتراوح أقطار المجرات الحلزونية ما بين 20- 150 ألف سنة ضوئية وتتراوح كتلها بين 1- 1000 بليون كتلة شمسية، أما القدر المطلق فيتراوح مابين - 15 إلى - 23، وتعتبر مجرتنا ومجرة المرأة المسلسلة من المجرات الحلزونية الكبيرة.

**المجرات البيضاوية Elliptical galaxies**

وهي إما دائرية أو بيضاوية الشكل، وتحتوي على نجوم قديمة ولا يوجد بها أي أثر لأذرع حلزونية ويغلب عليها النجوم الحمراء (الجمهرة الثانية) ولا تحتوي هذه المجرات إلا على نسبة ضئيلة من الأتربة والسحب بين نجمية ولكن هذا لا يعني أن المجرات البيضاوية خالية تماماً من مادة ما بين النجوم فحوا لى 1- 2٪ من مادتها عبارة عن غازات في درجة حرارة عالية تزيد عن المليون كالفن. والمجرات البيضاوية تبدو بدرجات فلطحة مختلفة من Eo ذات الشكل الدائري إلى E7 والتي تكون شديدة الفلطحة.

يصل لمعان المجرات البيضاوية العملاقة إلى $10^{11}$ لمعان شمسي، وكتلتها $10^{12}$ كتلة شمسية وقطرها يبلغ عدة مئات آلاف السنين الضوئية، وهي بالتأكيد أكبر من المجرات الحلزونية الكبيرة، ومن المدهش أنك ترى مجرات بيضاوية عملاقة كالتي ذكرناها آنفاً، كما توجد مجرات بيضاوية قزمية صغيرة وهي الأكثر شيوعاً، ويبلغ عدد نجومها حوالى عدة ملايين وقدرها المطلق (- 10) ولمعانها مليون مرة مثل الشمس مما يعني أنها تشبه في لمعانها أشد النجوم لمعاناً !! ويبلغ قطرها خمسة آلاف سنة ضوئية مما يعني أنها صغيرة حقاً بالمقارنة مع مجرتنا.

**المجرات غير المنتظمة Irregular galaxies**

تنتمي 25٪ من المجرات إلى النوع غير المنتظم، حيث لا يظهر في هذه المجرات أي نوع من الانتظام، وبعضها ممتلئ بنجوم في مرحلة التكوين مع وجود حشود نجمية براقة من الحشود الائتلافية بالإضافة إلى سحب من الغازات المتأينة كما يغلب على تلك المجرات وجود المناطق اللامعة وتوزيعها غير المنتظم. وبرصد المجرات غير المنتظمة في خطوط الطيف 21 سم تبدو قريبة الشبه بالمجرات الحلزونية وذلك لدوران قرصها كما أنها تحتوي على نجوم قديمة وأخرى حديثة من الجمهرتين (I), (II)، وأفضل مثالين على المجرات غير المنتظمة المجرتان المسميتان سحابتا ماجلان

الكبيرة والصغيرة وهما من المجرات القريبة منا، ويمكن رصدهما من نصف الكرة الجنوبي حيث تبدوان كسحابتين خرجتا من درب التبانة وبعدهما عُشر بعد مجرة المرأة المسلسلة. أما سحابة ما جلان الكبيرة فلها قضيب مثل المجرات الحلزونية ذات القضيب ولكن ليس لها أذرع، وهي تحتوي على واحدة من ألمع تجمعات النجوم العملاقة الحمراء والتي تحتوي على 30 نجماً. وقد حدث سوبر نوفا 1987 A داخل هذا التجمع. أما سحابة ماجلان الصغيرة فشديدة الاستطالة وأصغر في الكتلة من ماجلان الكبيرة، ويمكن تقسيم المجرات غير المنتظمة إلى نوعين : الأول قريب الشبه بالمجرات المنتظمة ويرمز له بالنوع I أما النوع الثانى فشديد الشذوذ ويرمز له بالرمز II.

### تمدد الكون Expansion of the universe

كان الكون قبل الانفجار الكبير حجمه صفرا وحرارته بعده كانت عالية جدا . وكلما تمدد قلت حرارته . فبعد ثانية من الانفجار الكبير هبطت الحرارة 10 آلاف مليون درجة مئوية . وهذا الهبوط يعادل ألف ضعف درجة حرارة قلب الشمس . وكان محتوي الكون وقتها فوتونات وإلكترونات ونيترونات وكلها جسيمات خفيفة جدا لا تتأثر إلا بالقوي النووية الضعيفة وقوة الجاذبية.ومما لا شك فيه أن الكون يتمدد إلي ما لانهاية . وما يقال أنه سيتقلص ثانية فرضية يعوزها الأدلة لأنه في حالة التمدد المستمر الحادث سيصل الكون لمرحلة لن تكون فيه جاذبية كافية لتجميع آلاف الملايين من المجرات والثقوب السوداء . لأنه سيصبح كالعهن المنفوش بعد وقف التمدد الكوني وهذا سيجعل مستقبل الكون غامضا ولا يمكن وضع تصور مستقبلي له . فهناك عصر الانفجار الكبير وفيه نشوؤه وبداية ظهوره.والمرحلة الثانية العصر النجمي وفيه ظهرت قوانين الطبيعة بالكون عندما بزغت النجوم وظهرت المجرات كما نراها.

والمرحلة الثالثة ستكون عصر الانتكاس الكوني ويعتبر الكون حاليا في فجره. وفيه ستظهر عملية تكثيف مادة الكون حيث ستستنفد كل غازاته التي تصنع منها النجوم الوليدة . وكل النجوم الكبيرة والصغيرة فيه ستستنفد وقودها النووي الحراري وستأفل مخلفة نجوما ترحل لتقترب من بعضها البعض بفعل الجاذبية الكونية مما سيحدث اختلافات واضحة في دورانها ومساراتها وستصبح في حالة (الاسترخاء الديناميكي) . رغم أن هذه النجوم تعتبر في مجراتها كيانات صغيرة . وفي هذه الحالة ستفلت النجوم الخفيفة لتطرد بالكون وستهبط النجوم الثقيلة إلي مراكز المجرات ليدخل الكون إلي المرحلة الثالثة وهي عصر الثقوب السوداء . وفيه ستصبح الطاقة الكونية نادرة مما سيجعل الثقوب السوداء تتبخر في الكون وتختفي جميعها ليدخل الكون في العصور المظلمة لعدم وجود طاقة متجددة. وستصل درجة حرارته الصفر المطلق (- 273 درجة مئوية) (الصفر المطلق أقل درجة حرارة تحت الصفر حيث فيها تنعدم طاقة المادة). ليصبح الكون في هذه الدرجة ميتا بما تعنيه كلمة الموت الديناميكي .وضمن نظريات (التوحيد الكبرى) في الفيزياء نجد أن البروتونات في الذرة (جسيمات بنواتها) ستكون غير مستقرة ولهذا ستتلاشي بعد 10 30 سنة . وهذه فترة زمنية أطول من عمر الكون الآن. وقتها سيقتل كل بروتون في كل ذرة بالكون ليدخل في عصر المادة السوداء حيث نهايته.وكان اكتشاف أن الكون يتمدد بسرعة أكبر من معدل السرعة الحرجة (7 أميال/الثانية) حيث لا يمكن للجاذبية كبح هذا التمدد.لهذا سيسير الكون إلي ما لانهاية حيث يتمدد 5 – 10٪ كل ألف مليون سنة .وهذا التمدد يعتمد أيضا علي كثافة الكون . فلو زادت كثافته عن الكثافة الحرجة فإن الكون سوف يتوقف تمدده وسيتقلص ليعود إلي نقطة الصفر . ولو قلت فإنه سيتمدد إلي الأبد .وكلما تباعدت المجرات كلما ظهرت مجرات أخر ي من مواد جديدة تتولد باستمرار لتملأ الفراغ البيني والهوات بين المجرات ولنتصور الكون نجد أن المجرة تضم حوالي 100 ألف مليون نجم وعدد المجرات يربو علي 100ألف مجرة نراها

بالتلسكوبات العملاقة وما خفي منها عنا كان أكثر. ومجرتنا اتساعها 100 ألف سنة ضوئية .ولـلآن لا يمكـن رؤية شـكل أو حجم النجوم والتي تبدو لنا كنقاط مضيئة . وما يميزها هو ضوءها . ( كناب الكون الأعظم)

بدأ جلياً في القرن الحالي للفلكيين أن المجرات تتباعد عنا وهذا التباعد يعنى اتساع أو تمدد الكون، والتحقق من هذه الفكرة يساعدنا على فهم تاريخ وتطور الكون من حولنا.

وبعد دراسات مستفيضة استنتج هو ماسون وهابل قانون الإزاحة والمعروف بقانون هابل Hubble's Law والذي يبين أن الإزاحة الحمراء.

$$x = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

حيث الطول الموجي والإزاحة التى حدثت فيه.

سرعة التباعد $V_T$ تزداد مع البعد D تبعاً للعلاقة

$$V_T = (H)(D)$$

حيث H يسمى ثابت هابل وأحدث قيمة له هي 75 كم/ث لكل مليون بارسك. وهذا يعني أن أي مجرة تتباعد عنا بسرعة 75 كم/ ث كل مليون بارسك من بعدها، فإذا كانت مجرة تبعد عنا 100 مليون بارسك فإنها تتباعد بسرعة 7500كم/ث.

ويتمدد الكون من حولنا بحيث تتباعد المجرات تماماً كما لو كان عندنا قطعة من عجين خبز تترك لتختمر فإنها تتمدد مثلاً لضعف الحجم، ونلاحظ أن التمدد يحدث في جميع الاتجاهات بدرجة متساوية ولكن هذا لا يعني أن المجرات نفسها تتمدد فالأبعاد داخل أي مجرة ثابتة ولا تتغير. وقد لوحظ أن بعض المجرات القريبة منا تتقارب بالرغم من أن الحشود التى تتبعها هذه المجرات تتباعد عنا.

## ما بـــين النجـــوم

### الوسط البينجمي:

الوسط البينجمي، هو عبارة عن غلاف جوي رقيق جداً يحيط بمجرتنا ويملاء الفضاء بين النجوم وينقل الاضطرابات تماماً مثلما تنقل ظواهر الغلاف الجوي الإضرابات من أحد جوانب الكرة الأرضية إلى جانب أخر . في السنوات الاولى من اكتشافه كان يعتقد أنه غاز بارد جداً يتسبب في ولادة النجوم حين تكثفه. ولكن ظهرت نظريات أخرى تفيد بأنه عبارة عن مزيج متنوع متعدد الكثافة ودرجة الحرارة والتأين.

إن الوسط البينجمي أو الغلاف الجوي للمجرة هو غلاف معقد شأنه شأن الغلاف الجوي لأي كوكب ويؤثر عليه الجذب الثقالي المشترك للنجوم والمواد الأخرى فلا يستطيع الهرب ويبقى محتجزاً حولها تخترقه أضواء النجوم وحقولها المغنطيسية والجسيمات المختلفة التي تصدر من النجوم مما يجعله في حالة إثارة دائمة يُسخّن ويعاد تدويره وتحويله باستمرار. مثله مثل أي غلاف جوي آخر. والعجيب أن هنالك تلوث يصيبه خاصة التلوث النووي حيث تدع النجوم التي تموت مخلفاتها من العناصر الثقيلة في الوسط البينجمي فكل جيل من أجيال النجوم يلوث الوسط البينجمي ولكن هذه العناصر تسمع بإعادة تدوير المادة مرة أخرى. إن ما بين النجوم ليست فارغ كما يظن الكثيرون فهناك مكونات كيمائية عديدة في الفضاء الشاسع، وبالمقارنة مع أقطارها تبعد النجوم عن بعضها مئات آلاف المرات، وتسمى هذه المساحات بـ(الوسط ما بين النجوم) توجد فيها غازات أولية، وعناصر ثقيلة، هذه العناصر قد تتجمع على شكل حبيبات مكروية يطلق عليها اسم الأغبرة البينجمية.

**مكونات الوسط البيننجمي:**

باستخدام أطياف الضوء الذي تصدره الغيوم السديمية الساطعة مثل سديم الجوزاء Orion. واستنادا إلى عدد النوى الذرية، يشكل الهدروجين 90٪،والهليوم نحو 10٪ ، والمواد الأخرى - من الليثيوم إلى اليورانيوم - مجرد أثر يقارب 0.1٪.

وهي تكمن في تكتلات وخيوط ذات كثافات تتراوح بين 10 و 100 ذرة في السنتيمتر المكعب، ودرجات حرارة تقارب 100 كلڤـن، تنطوي ضمن طور أكثر انتشارا وأرق (تقريبا 0.1 ذرة في السنتيمتر المكعب) وأحر (بضعة آلاف كلفن).

**تأثير الغلاف البينجمي على النجوم:**

**تشكّل النجوم:**

اليات تشكيل النجوم:

- السدم تمكن الفلكيون من عزل طريقتين يمكن أن تكونا الآليتين اللتين تسببان تشكل النجوم في غيمة جزيئية، تنجم الآلية الأولى عن مرور الغيوم الجزيئية لأذرع المجرة مما يسبب صدمة تضغط الحجم وتزيد الكثافة، وتتكرر هذه العملية كل مرة تعبر فيها الغيمة أحد الأذرع إلى أن تحصل الصدمة النهائية التي تصل بالغيمة إلى العتبة حيث تنهار فيها ثقالياً مشكلة النجوم، وتفسر هذه الآلية وجود النجوم الفتية في الأذرع الحلزونية للمجرات الشبيهة بمجرتنا.
- الآلية الثانية تعزى إلى انفجارات السوبر نوفا ، فعندما ينفجر نجم بجوار سديم جزيئي يحرر هذا الانفجار كمية هائلة من الطاقة تتظاهر على شكل موجة صدم هائلة تغلف السديم وتضغطه مسببة انهياره ثقالياً وبالتالي تشكل نجم

جديد، وبما أن معظم انفجارات السوبر نوفا تحصل في الأذرع الحلزونية فإن هذه الآلية تفسر وجود النجوم الفتية في هذه الأماكن من المجرة.

فما يقوم به أحد أجيال النجوم يحدد البيئة التي تُولَد فيها الأجيال اللاحقة وتعيش وتموت وذلك بطريقين.

### التغذية الراجعة الإيجابية:

يمكن أن تقوم النجوم العظيمة الكتلة بتسخين الوسط البينجمي وتأيينه وأن تجعله ينتفخ ويبرز عند المستوى الأوسط. وهذا التوسع يزيد الضغط المحيط ويضغط الغيوم وربما يسبب انهيارها مكونة جيلا جديدا من النجوم.

### التغذية الراجعة السلبية:

ومن جهة أخرى، يمكن للتسخين والتأيين أن يهيجا الغيوم مما يؤدي إلى منع ولادة نجوم جديدة. وحين تنفجر النجوم الأضخم، فإنها يمكن أن تدمر الغيمة التي أدت إلى ولادتها. لماذا لا يكون الانهيار التثاقلي للغيوم المؤدي إلى تكوين نجوم فعالا إلى هذا الحدّ. وفي العادة، لا يتحول إلى نجوم إلا نسبة مئوية ضئيلة من كتلة الغيمة.

### الأغبرة البيننجمية:

تتراوح حجم حبيبات الغبار البين نجمي بين 100 إلى 1000 نانومتر وحجم حبيباته يحعله يمتص الضوء المرئي حيث أن طول المجال المرئي 400إلى 700 نانومتر، وكل مسافة 1000 سنة ضوئية يستطيع الغبار البين نجمي أن يخمد الغبار الضوء المرئي بما يقارب قدرين، أي أن النجوم في مركز المجرة التي تبعد حوالي 26000 سنة ضوئية سوف تتعرض للتخميد ملايين المرات (226=66 مليون مرة). ويمثل الغبار البيننجمي نحو واحد من ألف من كتلة درب التبانة، وهذا مقدار ربما يزيد على مئات أضعاف الكتلة الكلية لجميع كواكب المجرة. إن جسيمات الغبار منتشرة بكثافة منخفضة، إذ يوجد في المتوسط حبيبة غبار واحدة في كل

مليون متر مكعب من الفضاء. لكن لما كان ضوء النجوم ينتشر عبر آلاف السنين الضوئية من الغبار، فإنه حتى هذه الكثافة المنخفضة تستطيع أن تكون فعالة في إخماد الإشعاع

لكن الغبار البينجمي لا يخمد الأمواج الكهرطيسية التي ينقص أو يزيد طولها عن حجم حبيباته (مثل أشعة إكس والأشعة الراديوية)، وفي هذه المجالات يمكننا أن نأخذ فكرة عما هو موجود في مركز المجرة، فبواسطة التلسكوبات الراديوية (وفي مجال تحت الأحمر خصيصاً) أمكن معرفة الكثير، فمثلاً نعلم اليوم أن الكثافة النجمية في مركز المجرة أكبر بكثير مما هي عليه في الأذرع الحلزونية، كما أن هذا المركز غني جداً بالمادة البينجمية.

يقوم الغبار البينجمي بالإضافة إلى تخميد الضوء بظاهرة تعرف باسم الاحمرار البينجمي، فكما يحصل لضوء الشمس على سطح الأرض أثناء الغروب بسبب الأغبرة الموجودة في أفق مكان مكان، يحصل الشيء ذاته في الفضاء، فالضوء الأزرق الوارد من النجوم هو أقصر الموجات، وهو الأكثر عرضة للانتثار، وهذا ما يعزز وجود الضوء الأحمر في النجوم المرصودة وينقص دور الضوء الأزرق، وتزداد ظاهرة الاحمرار البينجمي كلما ازداد بعد النجم عنا. أن غبار مجرتنا يخضع إلى التدوير على نحو دائم. فعندما تنكمش سحابة من الغاز والغبار لتشكل نجما، تتبخر حبيبات الغبار الأقرب إلى منطقة تشكل النجم. (ويصبح السيلكون والعناصر الأخرى الناتجة من حبيبات الغبار تلك إما جزءا من النجم أو أنها تتكاثف لتشكل كواكب صخرية أو كويكبات). لكن معظم الغبار ينتشر بعيدا على هيئة سحب منخفضة التركيز، أي مناطق من الفضاء ذات غاز كثافته قليلة بدرجة كبيرة. وفي هذه البيئة الجافة، لا تتوقف الدثارات الجليدية في حبيبات الغبار عن النمو فحسب، بل تتحطم أو تتآكل بوساطة الإشعاع فوق البنفسجي وبالتصادم مع الجسيمات والجبهات الصدمية للمستعرات الأعظمية. لكن الحبيبات لا تؤول إلى نواها السيليكاتية على كل حال، فتحت الدثار الجليدي هناك دثار داخلي مكون من مواد عضوية معقدة .

## الغازات بين النجوم:

### غازات جزيئية:

مثل الهيدروجين الجزيئي H2 أو أكسيد الكربون..، هذه الغازات باردة جداً (260 درجة مئوية تحت الصفر) وكثافتها عالية نسبياً (ألف ذرة/سم3)، تتواجد هذه الغازات على شكل سحب تبلغ كتلتها 40٪ كمن كتلة الوسط البينجمي، أما حجمها فهو فقط 1٪.

### الغازات الباردة:

تصل حرارتها إلى 160 درجة مئوية تحت الصفر، ذات كثافة منخفضة لا تزيد عن 100 ذرة/سم3، وهي غازات ذرية (هيدروجين ذري، أوكسجين ذري، كربون ذري..)، تتواجد على شكل سحب متناثرة، تشغل حجماً يقارب 5٪ من الحجم الكلي، وكتلتها حوالي 40٪ من كتلة المادة الكلية للمادة النجمية.

### الغازات الحارة المتأينة:

حرارتها مرتفعة كثيراً إذ تصل إلى 8000 درجة مئوية، وتنقص كثافتها كثيراً 1 ذرة/سم3، تشكل 20٪ من الكتلة و 40٪ من الحجم الكلي للوسط بين النجمي، وتسمى هذه الغازات بالمناطق HII.

### الغازات الحارة جداً:

وتصل حرارتها إلى أكثر من مليون درجة، لا تزيد كثافتها عن 0.001 ذرة/سم3، وهي تمتد على مسافات شاسعة وتشكل 50٪ من الحجم في حين لا تشكل أكثر من 0.001٪ من الكتلة الكلية للوسط بين النجمي.

وبشكل عام فإن التقسيم الشاسع للغازات البينجمية هو:

1. مناطق HII وهي مناطق السدم الساخنة المتأينة.
2. مناطق HI وهي مناطق الهيدروجين الحيادي غير المتأين.
3. السدم الجزيئية.

**مناطق HII:**

وقد سميت بهذا الاسم لأن الهيدروجين فهيا متأين مرة واحدة، تحتوي هذه المناطق على نجوم زرقاء حارة جداً، تقدم هذه النجوم الطاقة اللازمة لتأين الهيدروجين على شكل فوتونات من الأشعة فوق البنفسجية حيث تمنح ذرة الهيدروجين طاقة كافية لتحرير إلكترونها، ومن ثم تدخل هذه الإلكترونات باصطدامات مع ذرات غاز السحابة مما يجعلها تخسر طاقتها مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الوسط المحيط إلى حدود 10000 درجة، ومع ازدياد الاصطدامات يفقد الإلكترون سرعته مما يجعله عرضة للأسر من قبل نوى الهيدروجين وإذ ذاك تصدر إشعاعات مرئية على شكل فوتونات، وآلية إطلاق هذه الفوتونات هي التي تجعل مناطق HII تحافظ على درجة حرارة مستقرة تقريباً، ونتيجة هذا الإصدار تكتسب هذه السحب اسم سدم الإصدار، وبعض هذه السدم وبسبب كثافتها الضعيفة يمكن أن تغطي مساحة 700 سنة ضوئية مربعة.

**مناطق HI:**

تعين التسمية أن الهيدروجين غير متأين، فهي تحوي الهيدروجين الحيادي، درجة حرارة هذه المناطق لا تزيد عن 100 درجة مطلقة، ولا يمكن كشف هذه المناطق عبر الإشعاع الصادر في المجال المرئي (فبسبب البرودة القصوى فإن الإشعاع الصادر يعتبر مهملاً) ولا في مجال الأشعة تحت الحمراء (لأنه موجود في المجال الذي يمتصه الغلاف الجوي الأرضي)، لكن مناطق HI تصدر إشعاعات طويلة في المجال الراديوي للطيف بطول موجة 21 سم، كما يمكن كشفها أيضاً بواسطة حزم الامتصاص التي تتراكب أحياناً مع أطياف إصدار النجوم القريبة، والقياس الوسطي لمثل هذه السدم هو 20 سنة ضوئية، أما الكتلة فتقارب 45 مرة كتلة الشمس، أي أنها أكثف بحوالي 1000 مرة من مناطق HII.

**الغيوم الجزيئية:**

تم الكشف عن وجود الجزيئات في الوسط البينجمي قبيل أوائل القرن العشرين، كانت البداية من خلال تراكب أطياف هذه الجزيئات مع أطياف النجوم، وغالباً ما يربط الفلكيون وجودها بوجود السحابات الموجودة على طول خط الرصد بين الأرض وهذه الغيوم، وقد وجد الفلكيون أن أفضل مجال لرصد هذه الجزيئات البينجمية هو الأمواج الراديوية والأمواج فوق البنفسجية، وقد اكتشفت جذور كيميائية حرة OH وعناصر معقدة (أمونياك، كحول إيتيلي، وجزيئات تحتوي حتى 13 ذرة..) لذلك لا يستبعد الكيميائيون وجود أحماض أمينية في بعض الجزر الكونية التي تحوي مركبات عضوية معقدة.

**الجزيئات البينجمية:**

الجزيئات البينجمية هي وحدات سريعة العطب، فعمرها يقدر بين 10 و 100000 سنة، ففي السدم ذات الكثافة الضعيفة حيث يمكن أن تنفذ الإشعاعات فوق البنفسجية بسهولة فإن ظاهرة التأين والتفريق الضوئيين للجزيئات يمكن أن تكون سريعة بما فيه الكفاية، أما في النجوم الأكثر كثافة، فإن التفاعلات الكيميائية المرتبطة بالاصطدامات هي العوامل المخربة الأكثر فعالية في الجزيئات، ولذلك فإن تخريب الجزيئات يتم بأزمنة أقصر من العمر النموذجي للسديم الجزيئي الذي يزيد عن 10000 سنة، وهذا يعني أن تشكل الجزيئات هو عملية مستمرة، لكن هذا التشكل لا يتم بفضل الاصطدامات (لأن الكثافة ودرجة الحرارة منخفضة) بل بفضل الأشعة الكونية والأشعة الفوق بنفسجية، وبالرغم من أن جزيئة الهيدروجين H2 هي أكثر الجزيئات انتشاراً في المقياس الكوني (حوالي 90٪) فليس لهذه الجزيئة انتقالات طاقية يمكن كشفها بسهولة، لذلك فإنها تكشف بواسطة الإشعاعات الراديوية التي تطلقها جزيئة مرافقة الجزيئة الهيدروجين هي جزيئة أول أكسيد الكربون، وفي الواقع هذه الجزيئة هي

التي تستخدم لكشف السدم البينجمية في الوسط البينجمي، وهذا له فوائد كبيرة في كشف السدم وفي رسم شكل مجرتنا من خلال تتبع وجود هذه الجزيئات في الأذرع الحلزونية خصوصاً.

وقد تم اكتشاف وجود مناطق ضمن الغيوم الجزيئية ذات كثافة أعلى من مناطق أخرى، وهذا ما يحمل على الاعتقاد بأن هذه المناطق هي الأماكن الأكثر ملائمة لتشكل النجوم الجديدة إثر آلية تحمل هذه الغيوم الممتدة على مسافات شاسعة إلى التجمع والانضغاط، فقد يصل قطر بعضها إلى حوالي 600 سنة ضوئية.

**نموذج «الجليد القذر»:**

حبيبات الغبار عن النجوم، فإنها باردة جدا، حيث تصل حرارتها إلى 268- درجة سيلزية، أي إلى خمس درجات فقط فوق الصفر المطلق. وفي أربعينات القرن العشرين خرج الفلكي الهولندي الشهير <H. فان دي هولسْت> بنظرية مفادها أن بعض الذرات التي يُعرف أنها موجودة في الفضاء البينجمي . هدروجين، أكسجين، كربون، آزوت . يمكن أن تلتصق بسطوح حبيبات الغبار وتشكل دثارا من الماء المتجمد والميثان والأمونيا. ولقد أطلق على تلك النظرية فيما بعد نموذج «الجليد القذر».

**تولد الطاقة في مجرتنا:**

في عام 1960 تقدم العلماء بفرضية مفادها أن الأشعة الكونية ذات الطاقات المنخفضة تتولد في معظمها داخل مجرتنا، في حين تأتينا الأشعة ذات الطاقات العالية من مصادر أخرى بعيدة. وأحد الأسباب الداعية لمثل هذا الاعتقاد هو أن بروتون الشعاع الكوني الذي يحمل طاقة تتجاوز 1019 إلكترون فلط، مثلا، لن ينحرف انحرافا ذا شأن بوساطة أيٍّ من الحقول المغنطيسية التي تولّدها إحدى المجرات عادة، ومن ثمّ فإنه لا بد من أن يسير على خط مستقيم تقريبا. ولو كانت

مثل هذه الجسيمات صادرة عن داخل مجرتنا، لتوقّعنا رؤية أعداد مختلفة آتية من عدة جهات، لأن مجرتنا لا تتسم بالتناظر حولنا. وعوضا عن ذلك فإن توزّع الأشعة الكونية متناح(1) isotropic أساسا، على عكس توزع الأشعة ذات الطاقات المنخفضة والاتجاهات المبعثرة.

تدل مثل هذه الاستنتاجات الضعيفة على ندرة معلوماتنا الأكيدة حول مصدر الأشعة الكونية. ولدى علماء الفيزياء الفلكية نماذج معقولة عن الكيفية التي ربما تكوّنت هذه الأشعة وفقها، بيد أنه لا وجود لإجابات قاطعة. وقد تكون هذه القضية ناجمة عن الفرق الذي قد لا يمكن تصوره بين الظروف على الأرض وبين الظروف السائدة في البقاع التي تنشأ فيها الأشعة الكونية. فالفضاء الكائن بين النجوم لا يحوي سوى ذرة واحدة تقريبا في كل سنتيمتر مكعب، وهذه كثافة أخفض كثيرا من كثافة أفضل خلاءات صنعية يمكننا توليدها. إضافة إلى ذلك، فإن هذه البقاع ممتلئة بحقول كهربائية ومغنطيسية شاسعة مرتبطة بمجموعة واسعة الانتشار من جسيمات مشحونة عددها أقل حتى من عدد الذرات المتعادلة .atoms neutral

# الفصل الثالث

## الثقوب السوداء والبيضاء

# الفصل الثالث

# الثقوب السوداء والبيضاء

- الثقوب السوداء
  - الأرض كثقب أسود
  - البحث عن ثقب أسود
  - هل الثقوب السوداء سوداء فعلاً
  - الثقوب السوداء والنظرية الكمية
  - النجوم والثقب الأسود
  - حجم الثقوب السوداء وأدل وجودها
  - ما هي الأدلة على وجود هذه الثقوب
  - إشعاع الثقب الأسود
  - مشاهدة الثقوب السوداء
  - الثقوب السوداء والتناظرات الفيزيائية
  - كيفية اكتشاف أو استشعار الثقب الأسود
- الثقوب البيضاء
  - الثقوب الدودية
  - الثقب المستقر
  - ثقب دودي داخل كون واحد
  - السفر عبر الزمن
  - أنواع الثقوب الدودية
  - السفر عبر الزمن من داخل الثقب الدودي

# الفصل الثالث

## الثقوب السوداء والبيضاء

### الثقوب السوداء

إذا قمت برمي صخره إلي الأعلى فستلاحظ أنها ستفقد سرعتها تدريجيا حتى تصل إلى الصفر وعندها يجرها التراجع فتعود مرة أخري إلى الأرض وبالتالي تبدءا باستعادة سرعتها حتى تصل إلى الأرض بنفس السرعة التي صعدت بها ... أنها الجاذبية الأرضية وقد فرضت سلطتها الكونية علي هذه الصخرة مع العلم أن تسارع الجاذبية الأرضية يبلغ 9.8م/ث$^{2}$ في معظم بقاع الأرض لذلك لكي تهرب الصخرة من مجال الجاذبية الأرضية لابد أن تمتلك وسائل بسرعة تسمي سرعة الإفلات قد تبلغ 11كلم للثانية . والشمس أكثر خطورة من الأرض في أن سرعة الإفلات من سطحها تبلغ 600كم في الساعة وهذه السرعة أسرع 3000مرة من طائره نفاثة .وكلما انضغطت كتلة المادة في حيز ضئيل حتى وصل حجمها إلى ما يسمى الحجم الحرج سيقل احتمال الهروب من هذا الجسم كلما زادت الكتلة وقل الحجم وبالتالي اكبر السرعات لا يمكن أن تصبح سرعة إفلات من هذا الجسم إلى أن تصل من الخطورة حتى الضوء لا يمكن أن يفلت منه بالرغم من أن سرعة الضوء هي اعلي سرعه اكتشفها العلم حتى اليوم فأي شيء يمر بهذا الجسم سيحاصره الجسم إلى الأبد.

تعتبر الثقوب السوداء الظاهرة الأعنف والأكثر غموضا في هذا الجانب فالثقب الأسود يمثل المرحلة الأخيرة من حياة النجم حيث ينتج الثقب الأسود من انهيار نجم هائل على نفسه فتتكدس مادة النجم في حجم صغير جدا وبالتالي فكثافة الثقب الأسود تكون هائلة وجاذبيته مهولة بحيث أنها لا تسمح لأي شيء يقترب أن ينفلت منها حتى الضوء نفسه ويزداد تركيز الكتلة أي كثافة الجسم

(نتيجة تداخل جسيمات ذراته وانعدام الفراغ البيني بين الجزيئات)، وتصبح قوّة جاذبيته قوّية بل والي ابعد من ذلك فحسب النظرية النسبية العامة لـأينشتاين فإن الجاذبية تقوّس الفضاء الذي يسير الضوء فيه بشكل مستقيم بالنسبة للفراغ يمتص الضوء المار بجانبه بفعل الجاذبية، وهو يبدو لمن يراقبه من الخارج كأنه منطقة من العدم إذ لا يمكن لأي إشارة أو معلومة أو موجة أو جسيم الإفلات من منطقة تأثيره فيبدو بذلك أسود .

**الأرض ... كثقب اسود:**

إن تحول الكرة الأرضية إلى ثقب أسود يستدعي تحولها إلى كرة نصف قطرها 0.9 سم وكتلتها نفس كتلة الأرض الحالي ، أي بمعنى انضغاط مادتها لجعلها من غير فراغات بينية في ذراتها وبين جسيمات نوى ذراتها، مما يجعلها صغيرة ككرة المنضدة في الحجم ووزنها الهائل يبقى على ما هو عليه. حيث أن الفراغات الهائلة بين الجسيمات الذرية نسبة لحجمها الصغير يحكمها قوانين فيزيائية لا يمكن تجاوزها أو تحطيمها في الظروف العادية.

ويحد الثقب الأسود سطح يعرف باسم أفق الحدث وهنا يجب توضيح نقطة هامة جدا تسبب الخلط عند الكثيرين – وهي أنه يجب التفرقة بين الحجم الذي تتكدس فيه المادة وبين أفق الحدث للثقب الأسود والذي عنده لا يمكن لشيء أن يفلت من الثقب الأسود. فمثلا لو تحولت الشمس إلى ثقب أسود فإن قطره عند أفق الحدث سيصل فقط إلى 3 كيلو متر بينما ستتكدس كتلة الشمس كلها في نقطة في مركز الثقب الأسود وبقية الحجم إلى أفق الحدث سيكون عبارة عن فراغ حيث تسقط كل المادة التي تعبر أفق الحدث في مركز الثقب،ولذلك فإن نظرية النسبية العامة تعرف الثقب الأسود كما يلي:" أنها منطقة من الفضاء الفارغ والذي يحتوي في مركزه على نقطة التفرد وعند حافته يوجد أفق الحدث".

**ماذا يحث عندما تسقط في ثقب اسود:**

عند هذه المسالة يتوقع أن تكون الثقوب السوداء ذات درجات حرارة عالية يمكن أن تصل إلى ملايين الدرجات فعند الاقتراب من الحدود الخارجية للثقب الأسود والتي تسمى بأفق الحدث وكلما اقتربت من المركز ستكون الجاذبية أقوى وبالتالي فان قوة السحب من شانها أن تزيد ويخلق الثقب الأسود ما يسمى بقوة المد والجزر علي جسمك . أي أن شدة الجاذبية التي تعمل على راسك ستكون اقوي بكثير من الجاذبية التي تعمل علي أصابع قدمك (بافتراض انك تدخل الرأس أولا).هذا في بادئ الأمر حتى يشمل الفرق جسمك كله وتكون قد قطعت إرباً لان قوة المد والجزر ستكون اقوي من الروابط الكيميائية في جسمك وتكون حفنة من ذرات منفصلة تلك الذرات سوف تمتد إلى خط في مسير موكبي كما وصف تايسون فستكون مقذوف في السماء مثل معجون أسنان يجري الضغط عليها عن طريق أنبوب ... ولا احد يعرف ما يحدث لتلك الذرات بمجرد وصولها إلى المركز .

**البحث عن ثقب اسود**

لابد انه سيكون ورد للقارئ سؤال مهم وهو كيف تم اكتشاف هذه الثقوب إذا كانت تتميز بهذه الشراهة التي تبتلع أي شيء النجوم، الكواكب، الغاز، كل شيء حتى الضوء لا يفلت منها وإجابة هذا السؤال انه أمكن معرفة وجود الثقوب السوداء بمراقبة بعض الإشعاعات كالأشعة السينية التي تنطلق من المواد حين تتحطم جزيئاتها نتيجة اقترابها من مجال جاذبية الثقب الأسود وسقوطها في هاويته، وحديثا تمكن تلسكوب هابل من اكتشاف ثقوب سوداء وقال العلماء أن الثقوب السوداء توجد في اغلب قلوب المجرات الهائلة وتمتص المواد من قلب المجرة بقوة جذب جبارة إلا أن فريقا من علماء الفلك الأوروبيين أعلنوا في دورية ينتشر العلمية أن ثقبا أسود يبعد مسافة 5 مليارات سنة ضوئية لا يتوفر له دليل على أنه يستقر في مجرة. والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في عام. ورغم أن

اينشتاين يقول (إن محاولة البحث عن ثقب أسود يشبه تقريباً البحث عن قطة سوداء في قبو فحم) ،يقول العلماء انه يوجد ثقب اسود في قلب مجرتنا درب التبانة وكتلته تساوي كتلة الشمس 4مليون مره- ولكن لا تقلق- فهو يبعد 30،000 سنة ضوئية وهو بعيد بالنسبة إلينا أن نقع فيه.

تعتبر معادلات النسبية العامة أساس النظرية الحديثة للثقوب السوداء،وعلى الرغم من ذلك فقد أراد ألبرت آينشتاين استخدام هذه المعادلات للبرهان على عدم إمكانية وجود تلك الأجسام السماوية الغريبة

**الثقوب السوداء هل هي سوداء فعلاً:**

أطلق هذا السؤال العالم البريطاني ستيفن هوكنج والحقيقة أن الثقب الأسود في حد ذاته قد يكون غير مرئي بل وان الثقوب السوداء ليست سوداء بهذا المعني فيمكن الحصول فيها علي مواد بدرجة حرارة عاليه كافيه للتوهج وبل يكون مضيئا لدرجة أن يمكنها أن تضيء مليارات السنين الضوئية وعند ولادة الثقب الأسود تنتج ومضه من الإشعاع المشرقة التي تظهر علي نطاق واضح من الكون .. واحسب أن هذه التسمية جاءت لأنه يبتلع بجاذبيته الجبارة الضوء المرئي. وكثير من الثقوب السوداء تختبئ وراء التعتيم والغبار الكوني مما يجعل صعوبة في مراقبتها فاقرب ثقب اسود هو علي بعد 1600 سنه ضوئية وهو بعيد كل البعد أن يؤثر علينا وعادة يخلف الثقب الأسود أشعه سينيه تظل عالقة في الكون لعقود من الزمن تمكننا من مراقبة الثقوب السوداء والتنبؤ بوجودها .

وأخيراً و رقم تطور العلم الهائل لم يستطيع الإنسان احتواء هذه الظاهرة بشيء من اليقين مع العلم أن النظرية النسبية أوجدتها رياضياً .ومازال العلماء يجهلون عنها الكثير وما زالت تحتاج إلى مزيد من الدراسة ورغم ذلك فهي الظاهرة الأعنف في السماء في أذهان العلماء

**الثقوب السوداء والنظرية الكميه:**

أفق الحدث هي ( حدود منطقة من الزمان والمكان التي لا يمكن للضوء الإفلات منها ) وبما أنه لا شي يمكنه السير بأسرع من الضوء فإن أي شي يقع في هذه المنطقة سوف يبلغ بسرعة منطقة ذات كثافة عالية ونهاية الزمان .

وتتنبأ النسبية العامة بأن الأجسام الثقيلة المتحركة سوف تتسبب ببث موجات جاذبية وهي تموجات في انحناء الفضاء( هذه التموجات على حسب فهمي هي ليست مثل موجات الراديو بل هي موجات في الزمان تخيل أنك تمشي في بركة ماء سوف تتكون موجات من الماء بسبب حركة في البركة هي هذه الموجات الناشئة) تنتقل بسرعة الضوء وتشبه موجات الضوء التي هي تموجات الحقل الكهرومغناطيسي إلا أنها يصعب اكتشافها وهي كالضوء تأخذ الطاقة من الأجسام التي تبثها وبالتالي يتوقع أن ينهار نظام من الأجسام الضخمة ويعود في النهاية إلى وضع مستقر لان الطاقة في أي حركة سوف تحمل بعيدا.

على سبيل المثال دوران الأرض حول الشمس يولد موجات جاذبية ويكون تأثير مسارات الطاقة في تغير مدار الأرض حول الشمس الذي يؤدي في آخر المطاف إلى أن الأرض تقترب من الشمس حتى تستقر داخلها ومعدل ضياع الطاقة ضئيل جدا .

وشوهد هذا التأثير في نظام النجم النابض وهو نوع خاص من النجوم النيترونية تبث نبضات منتظمة من موجات الراديو ويضم هذا النظام نجمين نيترونيين يدوران حول بعضهما البعض .

**النجوم و الثقب الأسود:**

وفي عام 1967 ، حدثت ثورة في دراسة الثقوب السوداء على يد العالم "إزرائيل" – وهو عالم كندي ولد في برلين – بين أن الثقوب السوداء غير دوارة، وفقا للنسبية العامة لابد أن تكون بسيطة جدا فهي كروية تماما. ولا يتوافق حجمها إلا على كتلتها و أي ثقبين سوداوين، بكتلة متساوية هما متساويان بالحجم. وقد أمكن وضعهما عن طريق حل خاص لمعادلات " آينشتاين " قبل النسبية العامة بقليل كان من المعتقد به أن الثقب الأسود لا يتكون إلا عن انسحاق جسم كروي تماما . وأن النجوم ليست كروية تماما، لا يمكن بالتالي أن يسحق إلا بشكل متفردا عاريا، لكن هناك تفسيرات مختلفة لنتيجة " إزرائيل " تبناها " روجربيزور " و " جون ويلر " فقد أبديا أن الحركات السريعة في انسحاق النجم يعني أن موجات الجاذبية المنبعثة منه تجعله أكثر كروية إلى أن يستقر في وضع ثابت ويصبح كرويا بشكل دقيق، وعلى حسب هذه النظرية أي نجم دوار يصبح كرويا مهما كان شكله وبنيته الداخلية معقدتين و سوف ينتهي بعد انسحاقه بالجاذبية إلى ثقب أسود كروي تماما يتوقف حجمه على كتلته . في عام 1963 وجد "دوي كير " مجموعة من الحلول لمعادلات النسبية العامة تصف الثقوب السوداء الدوارة التي أغفلها "إزرائيل ". فإذا كانت الدورات صفر يكون الثقب الأسود كروي تماما ويصبح الحل مماثلاً لحل "شفارزشيلد" . أما إذا كان الدوران غير صفر ينتفخ الثقب الأسود نحو الخارج قرب مستوى خط استوائه تماما مثل ((الأرض منتفخة من تأثير دورانها )) . لقد افترض إزرائيل أن أي جسم ينسحق ليكون ثقبا أسود سوف ينتهي إلى وضع مستقر كما يصف حل كير .

### حجم الثقوب السوداء و أدلة وجودها:

في عام 1970 بين "براندون كارتر " أن حجم وشكل أي ثقب أسود ثابت الدوران يتوقف فقط على كتلة ومعدل دورانه بشرط يكون له محور تناظر ، وبعد فترة أثبت "ستيفن هوكنغ "أن أي ثقب أسود ذى دوران ثابت سوف يكون له محور تناظر . واستخدم "رو بنسون " هذه النتائج ليثبت أنه بعد انسحاق الجاذبية بان الثقب الأسود من الاستقرار على وضع يكون دوارا ولكن ليس نابضا،وأيضا حجمه وشكله يتوقفان على كتلته ومعدل دورانه دون الجسم الذي انسحق ليكونه .

### ماهي الأدلة على وجود هذه الثقوب؟

الثقوب السوداء لا دليل عليها سوى حسابات مبنية على النسبية لذلك كان هناك من لم يصدق بها. وفي عام 1963 رصد "مارتن سميدت " وهو عالم فلكي أمريكي الانزياح نحو الأحمر في طيف جسم باهت يشبه النجم في اتجاه مصدر موجات الراديو فوجد أنة أكبر من كونه ناتج عن حقل جاذبية فلو كان انزياح بالجاذبية نحو الأحمر لكان الجسم كبير الكتلة وقريبا منا بحيث تنزاح مدرات الكواكب في نظام شمسي . وهذا الانزياح نحو الأحمر ناتج توسع الكون وهذا يعني بدوره أن الجسم بعيدا جدا عنا و لكي يرى على هذه المسافة الكبيرة لابد وانه يبث مقدار هائلاً من الطاقة والتفسير الوحيد لهذا ناتج انسحاق بالجاذبية ليس لنجم واحد بل لمنطقة مركزية من إحدى المجرات بكاملها وتسمى الكوازر وتعني شبيه النجوم .

### إشعاع الثقب الأسود

من فكرة تعريف الثقب الأسود كمجموعه من الأحداث التي لا يمكن الإفلات منها بعيدا ويعني إن الثقب الأسود أي أفق الحدث مكون من مسارات أشعة الضوء في الزمكان وبالتالي لا يستطيع الضوء الابتعاد عن الثقب الأسود بل يحوم عند أطرافه إلى الأبد. أن هذه المسارات لا يمكن أن تقترب من بعضها البعض فإذا

اقتربت فلابد أن تندمج لتصبح واحدة وفي هذه الحالة تقع في ثقب أسود.ولكن إذا ابتلع الثقب الأسود هذه الاشعة فهذا يعني أنها لم تكن على حدوده .وهذا يعني أنه يجب أن تكون الأشعة متوازية أو متباعدة وإذا كانت الأشعة التي يتألف منها أفق الحدث لا يمكنها أن تتقارب فإن مساحة أفق الحدث تبقى كما هي أو تتسع مع الزمان.وفي الواقع تتسع المساحة كلما وقع في الثقب الأسود مادة أو إشعاع وإذا تصادم ثقبان أسودان واندمجا معا في ثقب واحد فإن مساحة أفق حدث الثقب الجديد تساوي مجموع مساحتي الثقبين الأوليين أو أكبر وبناءً على هذا التعريف وهذه الفكرة فسوف تكون حدود الثقب الأسود هي للثقب الأسود وأيضا مساحتهما بشرط أن يكون الثقب الأسود صار إلى وضع مستقر لا يتغير مع الزمن كان هذا السلوك لمساحة الثقب الأسود مستوحى إلى حد بعيد من سلوك مقدار مادي يدعى "أنتروبيا"- وهو مقياس درجة الخلل أو اضطراب نظام ما ويعرف تقدير أو وصف هذه الفكرة الدقيقة بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية فهو ينص على إن "الأنتروبيا" لنظام معزول تتزايد باطراد وعندما يندمج نظامين معا. تكون "أنتروبيا" النظام الموحد .أكبر من مجموع الاثنين في كل منهما . اقترح طالب أبحاث اسمه "جاكوب بكنشتاين" إن مساحة أفق الحدث هي مقياس أنتروبيا لثقب الأسود؛ فكلما سقطت فيه مادة تحمل أنتروبيا كلما اتسعت مساحة أفق الحدث، بحيث أن مجموع أنتروبيا المادة خارج الثقوب السوداء ومساحة الآفاق لا تنقص أبدا ، فإذا كان للثقب الأسود أنتروبيا فلابد أن تكون له حرارة كذلك كل جسم ذي حرارة معينة لابد أن يبث إشعاع بمعدل ما وهذا الإشعاع ضروري لتفادي خرق القانون الثاني للديناميكا . أي أنه يجب أن تبث الثقوب السوداء إشعاعا ولكن الثقوب السوداء بحكم تعريفها بالذات أجسام يفترض أن لا تبث شيئا.

هل فعلا الثقوب السوداء تصدر إشعاعا؟ ولماذا نسميها سوداء إذا كانت مشعة وكيف نفهم التعريف بأنها لا يمكن للضوء أن يفلت من جاذبيتها؟

و في الحقيقة الثقوب السوداء الدوارة تبث جسيمات ولكن عندما أجرى ستيفن هوكنغ حساباته ظهرت له نتيجة مزعجة وهى أنه حتى الثقوب السوداء غير الدوارة تبث جسيمات وهذه النتيجة كان يعتقد ستيفن أنها ناتجة عن اعتماده تقديرا خاطئ وأخيرا أكد له طيف هذه الجسيمات هو بالضبط ما قد يصدر عن جسم حار.

كيف يبدو أن الثقب الأسود يمكنه بث جسيمات؟ مادمنا نعرف أن لا شي يمكنه الإفلات من أفق الحدث ؟ الجواب كما تفيد نظرية الكم ، هو إن الجسيمات لا تصدر من داخل الثقب الأسود ، بل من (الفراغ) الفضاء الفارغ خارج أفق الحدث للثقب الأسود مباشرة! وكي تتضح الصورة لابد من إعادة فكرة إن ما نخاله فضاء فارغا لا يمكن أن يكون فراغا تماما لان ذلك يعني إن جميع الحقول من الجاذبية وكهرومغنطيسية سوف تكون صفرا بالضبط إلا إن قيمة الحقل ومعدل تغيره مع الزمن يشبهان موقع وسرعة الجسم: فمبدأ الارتياب يحتم أنه كلما عرفنا بالضبط واحدة من هاتين الكميتين تناقصت الدقة في الأخرى وهكذا ففي فضاء فارغ لا يمكن تحديد الحقل صفرا بدقة لأنه تكون له قيمة صفر ومعدل تغير صفر إذا لابد أن تكون هناك جسيمات في الفضاء تظهر تارة وتختفي تارة وتلغي بعضها تارة (من هنا ظهرت فكرة طاقة الصفر حاول البحث عن أعمال وحياة العالم نيكول تسلى).

لا يمكن رؤية هذه الجسيمات أو اكتشافها بالكشافّات لان تأثيراتها غير مباشرة ويتنبأ مبدأ الارتياب بوجود أزواج افتراضية متشابهة من جسيمات المادة بحيث يكون أحد الزوجين من المادة والأخر من المادة المضادة.وتخيل هذه الجسيمات على حدود الثقب الأسود أي على حدود أفق الحدث من الممكن جدا أن يسقط الجسم الافتراضي الذي يحمل الطاقة السالبة وينجو الجسم ذو الطاقة الموجبة

بالنسبة لراصد من بعيد يبدو وكان الجسيم صادر عن الثقب الأسود ومع دفق الطاقة السالبة إلى داخل الثقب الأسود سوف تنخفض كتلة الثقب الأسود ولفقد الثقب الأسود لبعض كتلته تتضاءل مساحة أفق حدثه فكلما صغرت كتلة الثقب الأسود ارتفعت درجة الحرارة ومع ارتفاع درجة الحرارة يزداد معدل بثه الإشعاع فيتسارع نقصان كتلة أكثر فأكثر ولكن لا أحد يعلم ماذا يحدث للثقب الأسود إذا تضاءلت كتلته إلى درجه كبيرة ولكن الاعتقاد الأقرب أنه سوف ينتهي ويختفي في انفجار نهائي هائل من الإشعاع يعادل انفجار ملايين من القنابل الهيدروجينية. فالثقب الأسود الأولى ذو الكتلة البدائية من ألف مليون طن يكون عمره مقاربا لعمر الكون . أما الثقوب السوداء البدائية ذات الكتلة دون هذه الأرقام فتكون قد تبخرت كليا . وتلك التي لها كتله أكبر بقليل تستمر في بث إشعاعات على شكل أشعة سينية أشعة غاما وهذه الإشعاعات من سينيه وغاما تشبه الموجات الضوئية ولكن بطول موجي أقصر وتكاد هذه الثقوب لا تستحق صفة سوداء فهي حارة في الواقع إلى درجة(الاحمرار- ابيض) وتبث طاقة بمعدل يقارب عشرة آلاف ميغا واط.

**مشاهدة الثقوب السوداء؟**

قد نفتش عن أشعة غاما التي تبثها الثقوب السوداء الأولية طوال حياتها ومع إن إشعاعات معظمها سوف تكون ضعيفة بسبب بعدها عنا فإن اكتشافها يكون ممكنا. ومن خلال النظر إلي خلفية أشعة غاما لا نجد أي دليل على ثقوب سوداء أولية ولكنها تفيد بأنه لا يمكن تواجد أكثر من 300 منها في كل سنه ضوئية مكعبة من الكون . فلو كان تواجدها مثلا أكثر بمليون مرة من هذا العدد فإن أقرب ثقب أسود إلينا على بعد ألف مليون كيلومتر. وكي نشاهد ثقبا أسود أوليا علينا أن نكشف عدة كمات من أشعة غاما صادرة في اتجاه واحد خلال مدى معقول من الزمن كأسبوع مثلا ولكن نحتاج إلى جهاز استشعار كبير لأشعة غاما

وأيضا يجب أن يكون في الفضاء الخارجي لان أشعة غاما لا يمكنها اختراق الطبقة الهوائية. إن أكبر مكشاف أشعة غاما الذي يمكنه التقاطها وتحديد نقطة الثقوب السوداء ألا وليه هو الطبقة الهوائية للأرض بكاملها فعندما يصطدم كم عالي من الطاقة من أشعة غاما بذرات جو الأرض يولد أزواجا من الإلكترونات والبوزيترونات (الإليكترونات المضادة ) ونحصل على وابلا من الإلكترونات على شكل ضوء يدعى أشعة "شيرنكوف". إن فكرة الإشعاع من الثقوب السوداء هي أول مثال من التنبؤ المتوقف على أساس على النظريتين الكبريتن لهذا القرن : النسبية العامة وميكانيكا الكم . وهذه أول إشارة إلى إن ميكانيكا الكم قادرة على حل التفردات التي تنبأت بها النسبية العامة.

**الثقوب السوداء و التناظرات الفيزيائية:**

التناظرات الفيزيائية تقودنا إلى اكتشاف جديدامن المعروف إن قوانين الفيزياء مبنية على التناظرات وعلى هذا الأساس بما أنه توجد أجسام تسمى ثقوب سوداء يمكن للأشياء السقوط فيها بلا عودة فإنه يجب أن تكون هناك أجسام تخرج منها الأشياء تسمى الثقوب البيضاء هنا يمكن للمرء افتراض إمكانية القفز في ثقب اسود في مكان ما ليخرج من ثقب أبيض في مكان آخر.فهذا النوع من السفر الفضائي ممكنا, فهناك حلول لنظرية النسبية العامة يمكن فيها السقوط في ثقب أسود ومن ثم الخروج من ثقب أبيض أيضا لكن الأعمال التالية بينت أن هذه الحلول جميعها غير مستقرة :فالاضطراب الضئيل قد يدمر أخدود الدودة أو المعبر الذي يصل بين الثقب الأسود والثقب الأبيض(أو بين كوننا وكون موازي له) إن كل هذا الكلام الذي ذكر يستند إلي حسابات باستخدام النظرية النسبية العامة لأنيشتاين ولا يمكن اعتبار هذه القياسات صحيحة تماما لأنها لا تأخذ مبدأ الارتياب بالحسبان . يفقد الثقب السود كتلته بإصدار الجسيمات والإشعاع حتى تصبح كتلته صفر ويختفي كليا لو افترضنا انه كانت مركبة فضاء قفزت إلى

هذا الثقب ماذا يحدث يقول ستيف هوكنق بناءً على عمل أخير له إن المركبة سوف تذهب إلى كون طفل صغير خاص بها كون صغير مكتف ذاتيا يتفرع عن منطقتنا من الكون ( سوف أحاول شرح فكرة الكون الطفل على قدر الفهم وذلك بأن تتخيل كمية من الزيت في حوض ماء وهي متجمعة حرك هذه الكمية بقلم سوف تنفصل كرة صغيرة من الزيت عن الكرة الكبيرة هذه الكرة الصغيرة هي الكون الطفل والكرة الكبيرة هي عبارة عن كوننا ولاحظ أن الكرة الصغيرة قد ترجع وتتصل مع الكرة الكبيرة ) وقد يعود هذا الكون الطفل إلى الانضمام ثانية إلى منطقتنا من الزمكان فأن فعل سيبدو لنا كثقب اسود آخر قد تشكل ثم تبخر والجسيمات التي سقطت في ثقب أسود تبدو كجسيمات مشعة من ثقب آخر. يبدو هذا وكأنه المطلوب للسماح بالسفر الفضائي عبر الثقوب السوداء لكن هناك عيوب في هذا المخطط لهذا السفر الكوني أولها أنك لن تستطيع تحديد مكان توجهك أي لا تعلم إلى أين سوف تذهب وأيضا الأكوان الطفلة التي تأخذ الجسيمات التي وقعت في الثقب الأسود تحصل فيما يدعى بالزمن التخيلي يصل رجل الفضاء الذي سقط في الثقب الأسود إلى نهاية بغيضة مؤلمة فهو يتمزق بسبب الفرق بين القوى المطبقة على رأسه وقدميه حتى الجسيمات التي يتكون منها جسمه سوف تنسحق تواريخها في الزمن الحقيقي وستنتهي في متفرد ولكن تواريخها في الزمن التخيلي سوف تستمر حيث تعبر إلى كون طفل ثم تعود للظهور كجسيمات تشعها ثقب اسود أتخر .إن على من يسقط في ثقب أسود أن يتخذ الشعار : فكر تخيليا. وما نعنيه هو إن الذهاب عبر ثقب أسود ليس مرشحا ليكون طريقة مرضية وموثوق بها للسفر الكوني.

**كيف يمكن لنا اكتشاف أو استشعار الثقب الأسود مع انه لا يبعث ضوء؟**

الحل : هو دراسة القوة التي يمارسها الثقب الأسود على الأجسام المجاورة فقد شاهدوا نجما يدور حول آخر غير مرئي ولكن ليس هذا شرطً أن يكون النجم غير المرئي ثقبا أسود فقد يكون نجما باهتا .

مع هذه الجاذبية العالية والطاقة الهائلة التي يبثها الثقب الأسود فإنه قد يتولد جسيمات ذات طاقة عالية جدا قرب الثقب الأسود ويكون الحقل المغناطيسي شديدا بحيث تتجمع الجسيمات في نوافير تنطلق خارجا على طول محور الدوران ونشاهد مثل هذه الجسيمات في عدد من الكوازر

**الثقوب البيضاء**

الثقب الأبيض (White hole)، عكس الثقب الأسود فحيث أن الثقب الأسود يجذب الأجسام فالثقب الأبيض يدفع الأجسام بعيدا، وهناك نظرية أن الثقب الأبيض بمثابة مخرج للأجسام التي تدخل في الثقوب السوداء ،يقال أن الثقب الأبيض ينقل المواد فوريا(أي أنه يختفي الجسم من مكان ويضهر في مكان أخر في نفس اللحظة)، ويدل ذلك أن الثقوب البيضاء مرتبطة بالثقوب السوداء.

تعبير الثقب الأبيض هو في الحقيقة تعبير حرفي جداً، حيث أن المفهوم الصحيح للثقب الأبيض هو 'الثقب المضاد للثقب الأسود، والثقب السوداء هو ذاك المكان حيث إنه يمكن للمادة أن تفقد من الكون، والثقب الأبيض هو مكان حيث نخرج المادة إلى الكون، حيث يشبه كثيرا اللانهائية الموجودة عند الانفجار الكبير(Big Bang)، وبذلك نستطيع تعريف الثقب الأبيض بأنه نقيض الثقب الأسود، ففي الثقب الأسود سوف تختفي المادة تماماً وتفقد خصائصها داخل مركز الثقب الأسود ومن ثم تخرج وبشكل آخر إلى كون آخر من خلال ما نسميه بالثقب الأبيض.

ويتواجد الثقب الأبيض عندما يتواجد تركيز كبير من المادة في منطقة واحدة، تتسبب في تسريع الزمن. ودليل ذلك، الساعتان الذريتان الموجودتان في كل من إنجلترا وكولورادو، فالساعة التي في إنجلترا موجودة على مستوى سطح البحر بينما الساعة التي في كولورادو موجودة على ارتفاع 5,000 قدم فوق سطح البحر.

وبسبب اختلاف تركيز المادة في المستويين فإن الساعة الثانية تتقدم في الزمن بفارق 5 مايكرون من الثانية في السنة عن الساعة الأولي.

والثقب الأبيض هو ذاك الشئ الذي من المحتمل أن لا نستطيع إيجاده في كوننا الحقيقي، وهو استكشاف رياضي إذا استطعت أن تستكشف الزمكان حول ثقب اسود بدون أن تتضمن حساباتك ذلك النجم الذي تكون منه الثقب الأسود (لايوجد هناك مادة في هذا الافتراض). وعندما تضيف أية مادة إلى الزمكان، فإن هذا الجزء الذي يتضمن الثقب الأبيض سوف يختفي.

ويتواجد الثقب الأبيض عندما يتواجد تركيز كبير من المادة في منطقة واحدة، تتسبب في تسريع الزمن. وبرهان على ذلك، الساعتان الذرية الموجودان في كلا من إنجلترا وكولورادو، الساعة التي في إنجلترا تعمل من على مستوى سطح البحر بينما الساعة الثانية والتي في كولورادو تعمل على ارتفاع 5,000 قدم فوق سطح البحر. والذي يحدث بسبب اختلاف المادة في المستويين فإن الساعة الذرية التي في كولورادو تسرع في الزمن بفارق 5 مايكروثانية في السنة عن الساعة الأولي في إنجلترا.

من الناحية النظرية، إذا كنت تعيش على الشمس فإن الوقت سوف يمر عليك أسرع مما هو عليه على الأرض، وإذا كان هناك ثقب أبيض وكبير بدرجة كافية، فإن ملايين السنوات بل حتى البلايين من السنين يمكن أن تمر على من هم خارج الثقب بينما داخله تمر كأيام قليلة فقط.

وعند الحديث عن الثقوب البيضاء والثقوب والسوداء فإنه من المهم جدا استيعاب فكرة اندماج الزمان والمكان حيث أننا نعامل مع الكون باستخدام أربعة أبعاد هما الثلاث المعروفين الطول والعرض والارتفاع إضافة إلى بعد الزمن وكذلك تطبيق فكرة إن الفضاء ينحني حول وبجوار الكتل الكبيرة من المادة ونتيجة هذا التحدب هو انحراف في الضوء الذي يمر على حافة أية جرم فضائي، وقد تم التحقق من تلك النظرية وقياس ذلك خلال عملية الكسوف الكلي للشمس.

لكن كيف نفسر وجود ثقب أسود بدون كتلة ينبثق منه ثقب ابيض، من الناحية الرياضية هذا النوع هو أسهل أنواع الثقوب السوداء، وهو عندما يبدأ قلب الحدث (اللانهائية في الجاذبية والكتلة) في الثقب فإنه سوف يحتجز نفسه داخله، لذا فإن الجزء الصعب قد بدء وهو اللانهائية، والطريقة الوحيدة لبدء اللانهائية في الكون الحقيقي أن تبدأ معها عندما تتكون هناك في قلب الحدث، وبطريقة ما يجب على الكون أن يتشكل بفعل تلك اللانهائية الجاهزة، أي أنها سوف تخرج من تلك المنطقة بشكل جديد وفي مكان جديد مكونة معها مانسميه ثقب أبيض.

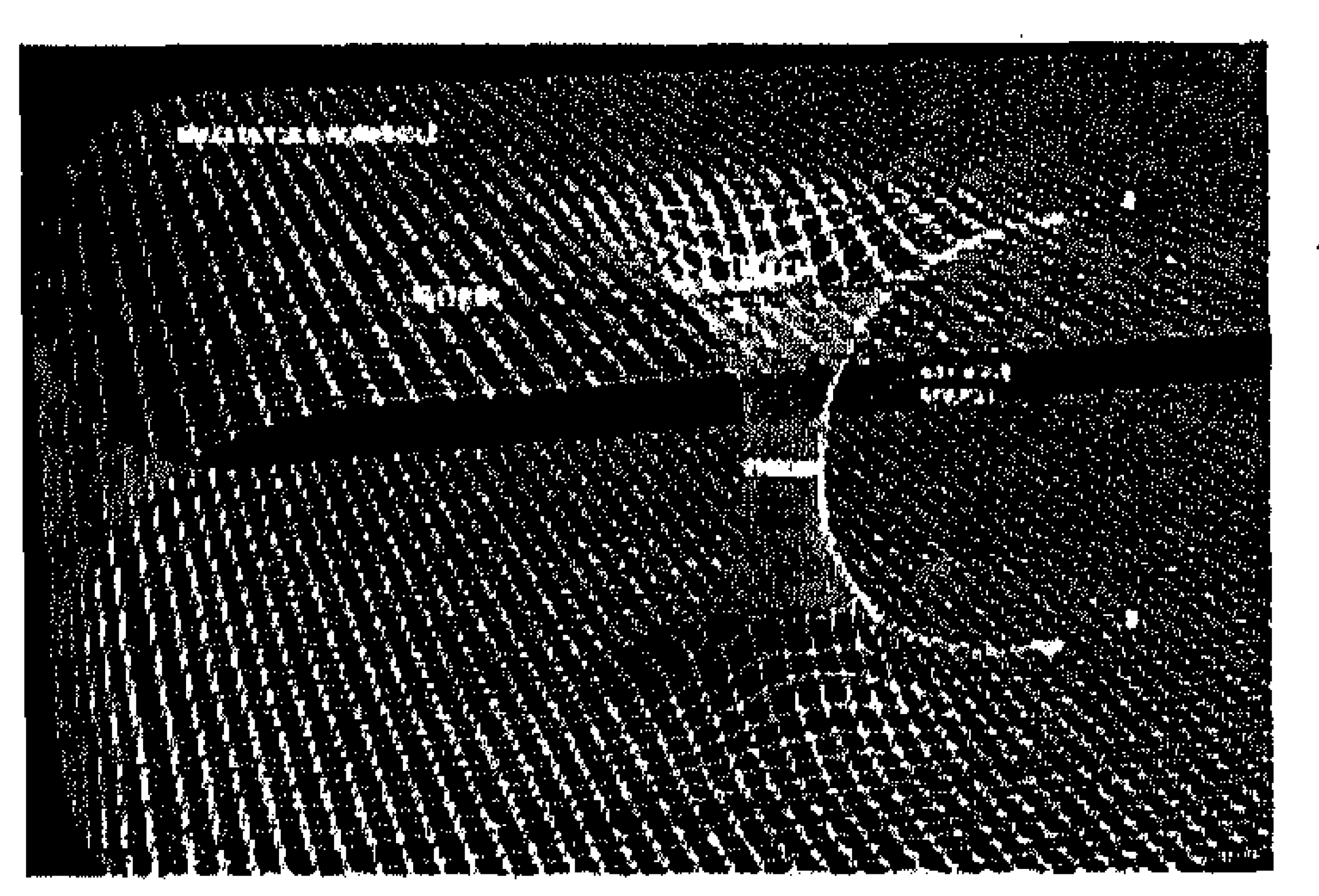
**الثقوب الدودية**

الثقوب الدودية (Wormholes) هي جسور نظرية تختصر المسافة بين نقطتين بعيدتين في الزمكان (الزمان والمكان). أي أن هذه الجسور تتيح لنا السفر في الفضاء بأسرع من سرعة الضوء لاختصارها المسافة المقطوعة ، ونحن نعلم انه لا يمكن السفر في الفضاء أسرع من الضوء مهما تطورت التكنولوجيا. ولهذا فإن الثقوب الدودية ، أن وجدت،ستسمح للإنسان باستكشاف الكون في مدة معقولة حيث أن السفر إلى اقرب نجم بسرعة الضوء يتطلب الآن 4 سنين تقريبا لكن مع الثقوب الدودية فبالإمكان نظريا ، الوصول إلى اقرب نجم لحظيا أو في مدة قصيرة جدا.

وأشهر أنواع هذه الثقوب هو جسر أينشتين- روسن والذي قدمه العالمان في ورقة بحث علمية نشرت في 1935. وهذه الثقوب ما هي إلا تطبيقات لحلول العالم الألماني شورتسشيلد (Schwarzschild) على معادلات النظرية النسبية العامة. ويفترض في هذه الصورة وجود فمّين متصلين بقناة بين النقطتين في الفضاء. وقد استغل كتاب الخيال العلمي وأفلام هوليوود هذه الفكرة وصوروا المركبات الفضائية تدخل في هذه الثقوب لتخرج إلى نقطة أخرى في الكون، أو حتى لتسافر إلى كون آخر تماما. وللسفر بين كونين، تتطلب العملية ثقب اسود من ناحية، وثقب ابيض من ناحية أخرى، والثقوب البيضاء مستحيلة حيث أنها تخالف القانون الثاني للديناميكا الحرارية.

و حتى الثقوب التي اقترحها اينشتين تفتح وتغلق بسرعة كبيرة لا تسمح حتى بمرور إلكترون واحد إلا بوجود نوع غريب من الطاقة يساعد الثقب على تماسكه ضد الانهيار.

ويبدوا إن الثقوب الدودية لن تحل فقط مشكلة السفر بين النجوم، بل أيضا سوف تحل مشكلة السفر بين المنزل والعمل كل يوم!



ففيزيائيا، الثقب الدودي هو ممر افتراضي للسفر عبر الزمن وذلك عبر طريق مختصر خلال الزمكان، والنظرية الكاملة تشتمل على ثقب أسود وثقب أبيض وكونان أو زمانان يربط بين أفق كلا منهما نفق دودي أو ثقب دودي.

لذا يفترض في الثقب الدودي أن لديه على الأقل فتحتان تتصلان ببعضهما بواسطة ممر واحد، وإذا كان الثقب الدودي مؤهلا للسفر، فإن للمادة إمكانية الانتقال من فتحة إلى أخرى بعبور هذا الممر، وللآن ليس هناك دليل فعلي للسفر عبر الزمن من خلال عبور الثقب الدودي، ولكنه افتراض فيزيائي معروف كحل صحيح من حلول نظرية النسبية لأينشتاين.

**الثقب المستقر**

من حيث المبدأ، الثقب الدودي يمكن أن يكون مستقرا وثابتا لفترة عند الاندفاع داخل ممره بمساعدة مادة تسمى المادة الغريبة أو الغامضة، ففي الثقب الدودي المستقر، تشكل المادة الغامضة فقاعة كروية خفيفة (التي تظهر في الصورة كدائرة).

هذه الفقاعة المتكونة من المادة الغامضة والتي لها كتلة سلبية وضغط سطحي موجب، فيها تضمن الكتلة السلبية أن ممر الثقب الدودي سيظل خارج الأفق، لذلك فإن المسافر يمكن أن يعبره، بينما يمنع الضغط السطحي الموجب الثقب الدودي من الانهيار.

وحيث أن فكرة الكتلة السلبية تبدو غريبة جدا، إلا أن ما يحدث من تقلبات في الفراغ قرب ثقب أسود مثيرة جدا، لذلك فربما وجود مادة غامضة وبهذا الشكل ليست مسألة مستحيلة.

تفترض النسبية أن تجاوز سرعة الضوء أو الوصول إليها شئ مستحيل، بينما السفر خلال الثقب الدودي ممكن بزمن يتعدى زمن سرعة الضوء... فكيف هذا؟ إذا التقت نقطتان وارتبطا سويا عن طريق ثقب دودي، فإن الوقت اللازم لعبوره سيكون أقل من الوقت الذي سوف يأخذه الضوء في رحلته خارج الثقب، فهي في الحقيقة إنقاص في الوقت وليست زيادة في السرعة.

وعلى سبيل التوضيح فإن الزمن اللازم للالتفاف بأقصى سرعة حول جبل لاجتيازه أطول من الزمن إذا عبرت من داخل نفق في هذا الجبل بسرعة بطيئة، فمن الممكن أن تسير ببطء وتجتاز الجبل بزمن أقل لأن طول الطريق في هذه الحالة أقصر.

**ثقب دودي داخل كون واحد**

هذا الثقب موجود داخل كون واحد ويوصل من موقع إلى موقع آخر في نفس الكون ( في الزمن الحالي أو في الزمن آخر). فدور الثقب هنا هو أنه يكون قادرا على الوصول إلى مواقع بعيدة في الكون بخلق طريق مختصر خلال المكان والزمان، ويسمح للسفر بينهم في زمن أسرع من سرعة الضوء في الفضاء الطبيعي.

**ثقب دودي بين كونين مختلفين**

ويقوم على فكرة أن الثقب الدودي يمكن أن يربط بين كون وكون آخر موازي، يسمى في أغلب الأحيان Schwarzschild wormhole.

**السفر عبر الزمن**

فكرة أخرى للثقب الدودي وهي فكرة السفر عبر الزمن، في تلك الحالة يكون الثقب عبارة عن طريق مختصر للانتقال من نقطة في المكان والزمان إلى نقطة أخرى من المكان والزمان.

ويتم ذلك بتعجيل نهاية إحدى طرفي الثقب إلى سرعة عالية نسبة إلى الآخر، وبعد ذلك وفي وقت ما يعيده إلى وضعة قبل التعجيل، الزمن النسبي المتوسع يؤثر على الزمن في فتحة طرف الثقب الدودي المعجل الذي يمر عليه الزمن بأقل من الطرف الثابت كما يراها مراقب من خارج الحدث. على أية حال، يتصل الوقت بشكل مختلف خلال الثقب الدودي عن خارجه، لذلك فإن الساعات المتزامنة في كل طرف فتحة ستبقى متزامنة نسبة إلى شخص ما يسافر خلال الثقب نفسه، مهما كان حركة الأطراف، هذا يعني بأن أي شئ داخل طرف الثقب الدودي المعجل يغادر الطرف الثابت عند نقطة في زمن قبل الدخول إليها.

على سبيل المثال، إذا كانت الساعات في كلتا الفتحتين تشير إلى العام 2000 قبل عملية تعجيل إحدى الأطراف، وبعد الرحلة وتسريع الزمن النسبي لإحدى الأطراف، فإن الطرف المعجل سوف يعاد إلى نفس المنطقة مثل الطرف الآخر، وكانت ساعة الطرف المعجل تشير إلى العام 2005 بينما ساعة الطرف الثابت تشير إلى العام 2010، حينئذ فإن المسافر الذي دخل الطرف المعجل في هذه اللحظة سيغادر الطرف الثابت عندما تكون تشير ساعة الطرف الثابت أيضا للعام 2005، في نفس المنطقة لكن خمس سنوات في الماضي، بنفس الصورة الثقب الدودي سيسمح للجزيئات لتشكيل ممر مغلق في الزمن، والمعروف بمنحنى الزمن.

**أنواع الثقوب الدودية**

وهنـــاك نوعان رئيسيان للثقوب الدوديـــــة ( ثقوب **لورنزية** Lorentzian wormholes ) و ( ثقوب اقليدية Euclidean wormholes ).

**ثقوب لورنز Lorentzian wormholes** تتعامل بشكل رئيسي مع النسبية العامة والجاذبية الكلاسيكية، بينما الأخرى تتعامل مع في فيزياء الجزيئات.

لسوء الحظ أن عبور الثقب الدودي والانتقال من كون إلى آخر هو شئ مستحيل، فإذا افترضنا وتمكن المسافر من أن يعبر أفق واحد فقط وفي اتجاه واحد، فعليه أولا أن ينتظر حتى يكون الثقبين قد اندمجا واجتمعت آفاقهم، وقد يدخل المسافر من خلال أفق واحد لكن بعد أن يدخل لا يستطيع الخروج، إما من خلال ذلك الأفق أو خلال الأفق الذي على الجانب الآخر ويكون مصيره في هذه المخاطرة هي أن يموت في اللانهائية التي تتشكل من انهيار الثقب الدودي، ولكنه يمكن أن يرى إشارات خفيفة من الكون الآخر، حيث أنه (المسافر) سيكون قادرا على رؤية الكون الآخر فقط بعد السقوط من خلال أفق الحفرة المظلمة وذلك من خلال مضيق الثقب الدودي، ومن الطبيعي جدا إننا غير قادرين على دخول الكون الآخر، والعقوبة لرؤيتها هو الموت في اللانهائية.

لو تصورنا نملة تمشي على سطح معين (ورقة) و هناك حبة قمح على الجانب الآخر من الورقة (تحت النملة مباشرة) فإنه يتعين على النملة أن تمشي إلى آخر الورقة من مكانها ثم تلتف من الجهة الأخرى لتصل إلى مكان حبة القمح التي كانت أصلا تحتها مباشرة تصوروا معي لو أن النملة كانت تدرك أن حبة القمح تحتها من البداية تصوروا لو أنه كان لديها القدرة على "النفاذ" من خلال الورقة (أو الصحيفة المعدنية).. فإنها كانت ستصل الحبة في وقت قياسي نسبة للزمن الذي استغرقها للوصول عن طريق الالتفاف على السطح نحن (الجنس البشري) هو النملة و حبة القمح هي العوالم و المجرات البعيدة التي يلزمنا الوصول إليها قطع عشرات السنين الضوئية (السنة الضوئية = سرعة الضوء × 365.25 كيلومترا ).

كيف لو تمكنا من "ثقب" الكون أو "المكان- الزمان" و هو نسيج الكون.. كم من الطاقة يلزم النملة لخرق السطح .. كم من الطاقة يلزمنا لخرق هذا النسيج الكوني لنصل هدفا ما بسرعة

**السفر عبر الزمن من داخل الثقب الدودي:**

في تلك الحالة يكون الثقب عبارة عن طريق مختصر للانتقال من نقطة في المكان والزمان إلى نقطة أخرى من المكان والزمان.

ويتم ذلك بتعجيل نهاية إحدى طرفي الثقب إلى سرعة عالية نسبة إلى الآخر، وبعد ذلك وفي وقت ما يعيده إلى وضعة قبل التعجيل، الزمن النسبي المتوسع يؤثر على الزمن في فتحة طرف الثقب الدودي المعجل الذي يمر عليه الزمن بأقل من الطرف الثابت كما يراها مراقب من خارج الحدث. على أية حال، يتصل الوقت بشكل مختلف خلال الثقب الدودي عن خارجه، لذلك فإن الساعات المتزامنة في كل طرف فتحة ستبقى متزامنة نسبة إلى شخص ما يسافر خلال الثقب نفسه، مهما كان حركة الأطراف، هذا يعني بأن أي شئ داخل طرف الثقب الدودي المعجل يغادر الطرف الثابت عند نقطة في زمن قبل الدخول إليها.

ولتوضيح ذلك على سبيل المثال، إذا كانت الساعات في كلتا الفتحتين تشير إلى العام 2000 قبل عملية تعجيل إحدى الإطراف، وبعد الرحلة وتسريع الزمن النسبي لإحدى الإطراف، فإن الطرف المعجل سوف يعاد إلى نفس المنطقة مثل الطرف الأخر، وكانت ساعة الطرف المعجل تشير إلى العام 2005 بينما ساعة الطرف الثابت تشير إلى العام 2010، حينئذ فإن المسافر الذي دخل الطرف المعجل في هذه اللحظة سيغادر الطرف الثابت عندما تكون تشير ساعة الطرف الثابت أيضا للعام 2005، في نفس المنطقة لكن خمس سنوات في الماضي، بنفس الصورة الثقب الدودي سيسمح للجزيئات لتشكيل ممر مغلق في الزمن، والمعروف بمنحنى الزمن.

لسوء الحظ أن عبور الثقب الدودي والانتقال من كون إلى آخر هو شئ مستحيل، فإذا افترضنا وتمكن المسافر من أن يعبر أفق واحد فقط وفي اتجاه واحد، فعليه أولا أن ينتظر حتى يكون الثقبين قد اندمجا واجتمعت آفاقهم، وقد يدخل المسافر من خلال أفق واحد لكن بعد أن يدخل لا يستطيع الخروج، إما من خلال ذلك الأفق

أو خلال الأفق الذي على الجانب الآخر ويكون مصيره في هذه المخاطرة هي أن يموت في اللانهائية التي تتشكل من انهيار الثقب الدودي، ولكنه يمكن أن يرى إشارات خفيفة من الكون الآخر، حيث أنه (المسافر) سيكون قادرا على رؤية الكون الآخر فقط بعد السقوط من خلال أفق الحفرة المظلمة وذلك من خلال مضيق الثقب الدودي، ومن الطبيعي جدا إننا غير قادرين على دخول الكون الآخر، والعقوبة لرؤيتها هو الموت في اللانهائية.

# الفصل الرابع

## الكوازرات والمجرات الشاذة

# الفصل الرابع

# الكوازرات والمجرات الشاذة

- خواص الكوازرات
- مجرات راديوية
- مجرات سيفرت

# الفصل الرابع

## الكوازرات والمجرات الشاذة

### الكوازرات والمجرات الشاذة

كلمة كوازار تعنى أشباه النجوم، حيث كان العلماء يعتقدون أنها نوع من النجوم وقد اكتشفت الكوازار لأول مرة في عام 1963 ميلادية كأجسام ذات سرعة عالية تبدو كنجوم من النوع الأزرق البراق، ويعتقد الفلكيون في الوقت الحالي وبعد اكتشاف أكثر من 1500 كوازار أنها عبارة عن مجرات حديثة التكوين، مما يعنى أن نجومها حديثة الولادة ولذلك تتميز هذه المجرات بلمعانها العالي. لقد أصبحت دراسة مجرات الكوازار من الدراسات الشيقة والصعبة في نفس الوقت وذلك نتيجة لصعوبة رصدها ومعرفة أسرارها. ويمكن ببساطة تلخيص أهم ما تتميز به مجرات الكوازار فيما يلى :

1) إزاحة حمراء عالية جداً مما يعنى أن سرعتها تقترب من سرعة الضوء، وهذا يدل على أنها موجودة على مسافة بعيدة جداً في أحد أطراف الكون الفسيح. وحيث إن البعد يعتبر مقياساً للزمن فإن البعد الشديد للكوازار يدل على أنها مجرات في أول عمرها.
2) قوة إشعاع عالية جداً.
3) يؤكد اللون الأزرق على شدة اللمعان.
4) بعضها مصدر قوى للأشعة الراديوية (10٪) ولكن أغلبها يصدر الأشعة السينية بكميات هائلة.
5) يتغير لمعانها بشكل شديد وفى وأوقات متباينة، وهذا يؤكد أن كمية الطاقة الهائلة التي تحتوى عليها تلك المجرات تزداد في مقدارها في عدة أيام ضوئية كما لو كانت نوعاً من المجرات المتغيرة كالنجوم المتغيرة. ومازال مصدر هذه الطاقة الهائلة من الأسرار التي لم يفهمها الإنسان.

وتمثل الكوازار واحدة من التحديات التي تجابه الفلكيين والتي يمكن أن تؤدى إلى إحداث تغييرات جوهرية عن فهمنا للكون وكيفية إنتاج الطاقة داخل الكوازار، فقد رصدت بعض مجرات الكوازار بلمعان يبلغ 10- 100 ضعف لمعان ألمع المجرات الإهليجية العملاقة. وتنتج الكوازار الطاقة في لب لها لا يزيد في قطره عن عدة سنوات ضوئية وهى بالطبع مسافة صغيرة جداً بالنسبة لأبعاد المجرات، ومما يزيد من تعقيد المشكلة أن لمعان الكوازار يتغير كل شهر أو كل أسبوع أو حتى خلال أيام وبطريقة غير منتظمة ومقدار التغير في حدود عشرات المرات وهاذ تغير لا نستطيع شرحه أو فهمه في حدود ما تعرفنا عليه من مصادر الطاقة في النجوم إلى وقتنا هذا وحتى نتفهم ذلك فإن زيادة لمعان الكوازار للضعف مثلاً يعنى تحول عشر أمثال كتلة الأرض إلى طاقة كل دقيقة !! وكما نرى فهو تغير هائل في الطاقة يصدر من منطقة صغيرة وفى وقت قصير جداً، فما هو مصدر مثل هذه الطاقة الهائلة؟ هذا بالطبع هو التحدي الحقيقي الذي يواجه الفكيين في عصرنا الحالي، ولعل لهمهم لهذا اللغز قد يؤدى إلى معرفة قدراً مهما من قصة حياة المجرات، ولقد وضع الفلكيون نماذج عديدة لمحاولة فهم مصدر الطاقة الهائلة الموجودة في الكوازار، وأحد هذه النماذج المقبولة أن يكون داخل الكوازار ثقب أسود ضخم كتلته ربما تزيد عن المليون كتلة شمسية، وفى هذه الحالة يجتذب هذا الثقب الأسود مادة المجرة من نجوم وسحب بين نجمية ويجعلها تدور حوله كما وصفنا عند الثقب الأسود في حالة النجمين المزدوجين وينتج عن اجتذابه للمادة إنتاج كم هائل من الطاقة يمكن أن يفسر ما نراه من الكوازار، فهل يمكن أن يكون هذا النموذج هو الحل للسر الغامض الذي تكتنفه مجرات الكوازار؟ مازلنا في حاجة إلى تكاتف جهود العلماء النظريين والتجريبيين حتى نتعرف على مصدر طاقة الكوازار.

وتعتبر أشباه النجوم (أو الكوازار) مجرات حديثة في العمر، ويدعم هذا الرأي أنها ترى فقط عند مسافات بعيدة جداً، فقد رصدت مجرات الكوازار على أبعاد تزيد عن 10 – 16 بليون سنة ضوئية وبالتالي فقد خرجت منها الأشعة منذ أمد بعيد جداً (10 – 16 بليون سنة) إلى أن وصلتنا في الوقت الحالي وحيث إن عمر الكون في حدود 20 بليون سنة لذلك فإن الصورة التي نرصدها لمجرات الكوازار تعبر عن مجرات حديثة التكوين أو قل حديثة.

تم التعرف علي الكوازرات عندما تم رصد مصدرين للموجات الراديويه في السماء تشبه النجوم مع أن النجوم لا تشع في المجال الراديوي ! الكوازرات تشع كميات كبيره جدا في المجال الراديوي بعض العلماء قالوا انبعاث أشعه في المجال الراديوي هو مرحله من مراحل تطور الكوازارات . تم التعرف علي الكثير من خصائص الكوازارات في عام 1963 عندما تعرف أحد العلماء علي خط الانبعاث لأحد الأجرام السماوية من متسلسه بالمر ووجد أن ازاحه طيفه غير النجوم العادية تماما كل الأطياف الخاصة بالكوازارات تعطي ازاحه كبيره جدا ناحية الضوء الأحمر (red shift)باستخدام قانون Doppler shift نجد أن سرعتها تصل إلى 94٪ من سرعه الضوء الكوازرات هي: عبارة عن مجرات نصف قطرها صغير مركزها به طاقه عاليه جدا وحولها اضاءه خافته لو افترضنا أن الكوازرات تخضع لقانون هابل سوف نحدد المسافة بيننا وبينها عن طريق تحديد سرعتها طبقا لذلك فان الكوازارات لمعانها كبير جدا إذا ما قورنت بلمعان المجرات العادية بعض الكوازارات لمعانها أكبر من 1000000000000000 مثل لمعان الشمس أو ألمع من 10 إلى 100 مره من ألمع المجرات الحلزونية فسبحان الله .

الكوازارات يحدث لها تغير في اللمعان شهور – أسابيع – أيام وهذا التغير يكون غير منتظم والكوازارات تحول ما يقرب من 10مرات مثل كتله الأرض إلى طاقه في الدقيقة مقياس الوقت للتغيرات الهامة التي تحدث في لمعان الكوازارات له

حد علوي يعتمد علي مقياس حجم منطقه اللمعان فمثلا إذا كان التغير يحدث كل شهري ضوئي فان المنطقة التي تتولد منها الطاقة ليست أكبر من شهر ضوئي (سبب ازاحه طيف الكوازارات ناحية الضوء الأحمر: المشكلة في أن طيف هذه الكوازارات يدل علي أنها تبتعد عنا بسرعة عاليه جدا كما أشرت مسبقا مع أن كميه الطاقة التي تصل إلينا كبيره جدا (فمن المعلوم كلما بعد الجسم كلما زادت صعوبة رصده (فمن المفروض أن تقترب منا هذه الكوازارات نظرا لكميه الطاقة الهائلة التي نرصدها قال بعض العلماء أن ازاحه طيف الكوازارات ناحية الضوء الأحمر إنما هو نتيجة لبعض التغيرات الفيزيائية التي تحدث للضوء عندما يصل إلينا ولو كان هذا الكلام صحيح لاستحال قياس المسافة بيننا وبينها.

وقد قام المرصد الاوربي بالبحث في الاتصال بين الازاحه العالية ناحية الضوء الأحمر في الكوازارات والازاحه القليلة ناحية الضوء الأحمر بالنسبة للمجرات العالية لوكان يوجد بينهما ارتباط يجب أن يكونا علي نفس البعد ولكن هذا لايحدث!!

بعض العلماء أخذوا يبحثون عن حشود نجميه يكون لها نفس red shift الخاص بالكوازارات وهذه المهمة ليست سهله لان المجرات العادية أخفت من الكوازارات بكثير ومن الصعب جدا رصدها ومع ذلك فان الدراسات وضحت أن الكوازارات يحيط بها حشود نجميه صغيره وهذه الحشود لها نفس ال red shift الخاص بالكوازارات.

وتم أيضا رصد أشياء أخري لها نفس ال red shift الخاص بالكوازار وقريبه من المجرات وهي عبارة عن بقعه من الضوء من خلال تحليل الطيف الخاص بها وجد أنها أطياف نجوم واقعه في مجرات.

ما هذا الذي تم رصده هل هذه مجرات عاديه أم كوازارت أم ماذا !!
الذي تم رصده هو عبارة عن مجرات تسمي بالمجرات النشطة وهي مجرات ألمع من المجرات العادية بكثير حيث يخرج منها كميه كبيره جدا من الطاقة وهي تشبه الكوازارات ولكنها تنتج طاقه أقل منها ولذلك تسمي (mini quasar) ومركز المجرات النشطة يعتقد العلماء أنه يحتوي علي ثقب أسود حيث يلتهم النجوم القريبة منه والسحب الغازية العملاقة فتنتج انفجارات كبيره جدا تسمي بالسوبر نوفا فتخرج كميه الطاقة ألكبيره جدا التي نراها ولمعانها يتغير كل عده شهور ضوئية لذلك فان نصف قطرها لايتجاوز بضع شهور ضوئية ومن أمثله المجرات النشطة مجرة سيفرت.

من أين تأتي كميه الطاقة الكبيرة جدا التي تخرج من الكوازارات؟ قال العلماء أنه يوجد ثقب أسود كبير أكبر من مليون كتله شمس في مركز الكوازارات.

**كيف تخرج هذه الكميه الكبيرة من الطاقة؟**

يوجد بالقرب من الكوازارات نجوم وحشو د نجميه وسحب غازيه عملاقه تهاجمها جاذبيه الثقب الأسود فتجعلها تدور في مدار بيضاوي حولها وعندما تقترب من الثقب الأسود تتعجل الالكترونات بواسطة المجال المغناطيسي الخاص بالثقب الأسود وترتفع درجه حرارتها بدرجه عاليه جدا فتحدث انفجارات كبيره جدا فتخرج كميه الطاقة التي نراها حيث أنه عند الاصطدام يتحول 10٪ من كتلتها إلى طاقه.

أنت الآن تقول كيف عرف العلماء هذا وهل يوجد دليل علي ذلك؟
أقول لك نعم يوجد دليل حيث أن تلسكوب هابل رصد نجم عملاق بالقرب من مركز الكوازار يتخذ مار بيضاوي كثيف جدا وينجذب ناحية المركز ويصنع اضاءه لامعه جدا.

**انت الآن تقول لي دعني اسألك سؤالا كيف تكون هذا الثقب الأسود العملاق ؟**

تكون هذا الثقب الأسود من انجاز نجم كبير انضغطت مكوناته وزادت كثافته حتى تحول إلى ثقب أسود صغير والثقب الأسود الموجود في مركز الكوازار ناتج من عده ثقوب سوداء ولا تنسي كلما ابتلع نجم جديد كلما زادت كتلته بمرور الوقت.

يوجد الآن سؤال هام جدا أنت تقول لي أن هذا الثقب العملاق يجذب النجوم التي حوله وماذا بعض أن تنتهي هذا النجوم القريبة منه ما هو مصدر الطاقة حينئذ أقول لك أخي أن العلماء قالوا أن مصدر هذه النجوم والسحب من اصطدام مجرتين مع بعضهما فمكونات كل مجرة تكون مصدر لهذا الثقب الأسود وأيضا من اصطدام الحشود وأيضا تأتي من الحشود الكثيفة القريبة من مركز المجرة.

وفي عام 1967 اكتشفت "جوسلين بل" أجسام في الفضاء تبث نبضات منتظمة من موجات الراديو وكانت تعتقد بأنها اتصلت مع حضارات غريبة في المجرة ولكنها توصلت إلى أن هذه النبضات ناتجة عن نجوم نابضة كانت في الواقع نجوم نيترونية دوارة تبث هذه النبضات هي بسبب تداخل معقد بين حقولها الجاذبية وبين المادة المحيطة بها وهذه النبضات هي الدليل الأول على وجود الثقوب السوداء ولكن هناك أسؤال يطرح نفسه:

**خواص الكوزرات:**

الكوزرات لها خواص متناقضة للقوانين البشرية، وهي عبارة عن ضوء وطاقة مصدرها المجرات البعيدة الهائلة حيث يتقوس إلى نقطة مركزية، بسبب قوة الجاذبية المنتجة من ثقب اسود من أبعاد سحيقة. وتعرف الكوزرات بالإشعاع المكافئ لطاقة ملايين المجرات المشتركة، النظريات البديلة الأخرى تفترض أنها تدفقات للجزيئات التي تنتقل من سطح افتراضي لثقب اسود، فقط لكي تقذف بتسارع عالي لتفسير مصدر الطاقة الغامض.

حجم الكوزرات يعتقد بأنه صغير نسبيا، يمثل حوالي سنة أو سنتان ضوئيتان في القطر، وهذا مدهش لأن لمعان أي كوزار من 10 إلى 1,000 مرة أعظم من أي مجرة طبيعية، وتبعث بكمية ضخمة من الطاقة كأشعة سينية وأشعة فوق البنفسجية وموجات راديو وأشكال أخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي.

قد تكون الأجسام الأغرب في الكون، في الصور تبدو مثل نجوم عادية لكن بالفحص نراها مضيئة جدا وربما تكون الأجسام الأكثر بعدا المعروفة والبعض يقول بأنها على أطراف الكون، والجسم شبه النجمي (QSO) هو المصطلح أو المسمى العام، أما مصدر شبه النجمي (QSS)، أو مصدر شبه النجمي الراديوي فهو يشير إلى الكوزرات الذي له إشعاع راديوي قابل للكشف.

ليس لدى الفلكيون تفسيرا مقبولا لمثل هذه الكميات الهائلة للقوة والطاقة المتولدة، يفسرها العديد من الباحثين بأن مصدر الطاقة المركزي ربما كان أصله من الغاز المتصاعد في ثقب اسود هائل والذي هو نتيجة تحطم نجما بمثل هذه القوة الجذبية العظيمة التي لاتسمح حتى للضوء أن يهرب.

الكوزرات المرئية تظهر بانزياح عالي جدا نحو الأشعة الحمراء والذي هو من تأثير توسع الكون بين تلك الكوزرات وبين الأرض. وعندما ندمجها مع قانون هابل، فإن النتيجة أن تلك الكوزرات بعيدة جدا، ولكي تكون ملحوظة من تلك المسافة، فإن ناتج طاقة الكوزرات يجعل من كل الظواهر الفلكية المعروفة في مجرة ما شئ تافه، باستثناء الأحداث قصيرة الأجل نسبيا مثل السوبرنوفا وانفجار أشعة غاما، فقد تصدر الكوزرات طاقة يعادل مستوي ما تنتجه مئات المجرات المتوسطة مجتمعة ( ناتج الضوء مساوي تريليون شمس).

**مجرات راديوية :**

وهى تتميز بأنها تشع كميات هائلة من الأشعة الراديوية، وهى غالباً ما تكون عمالقة بيضاوية، ويلاحظ أن الأشعة تنبعث في مسارين مستديرين على جانبي المجرة. وحتى الآن فإن مصدر الأشعة غير معلوم ولكن الدراسات الفلكية الحديثة تشير إلى أنه يأتي من تأثير ثقب أسود ضخم في قلب المجرة.

**مجرات سيفرت :**

وهى مجرات حلزونية لها نواة ذات بريق عال أزرق اللون مما يعنى أنها تتكون من نجوم حديثة التكوين، وترسل هذه المجرات مادة ذات درجة حرارة عالية وبسرعات كبيرة.

# الفصل الخامس

# الفصل الخامس

- النيوترينو
- الأشعة الكونية
  - تأثير الأشعة الكونية
  - خصائص الأشعة الكونية
  - الجسيمات الأساسية في الأشعة الكونية

# الفصل الخامس

## النيوترينو

النيوترينو واحد من الجسيمات الأساسية و الأولية التي تشكل الكون .

ينتمي لمجموعة الليبتونات والتي يضم أيضاً الإلكترون والميون وجسيم تاو الليبتوني ومضادات هذه الجسيمات.اكتشف هذا الجسيم الغريب عام 1931م حين كان العالم باولي يدرس إشعاع بيتا فوجد من خلال طاقة الجسيمات الناتجة طاقة مفقودة لم يستطع تحديدها حتى عام 1933م حين أعاد اكتشاف سر هذه الطاقة العالم أنريكو فيرمي ليطلق عليها اسم النيوترينو .ينتج النيوترينو عند انحلال (انحطاط) بعض الجسيمات مثل النيوترون والبروتون والميزون وتصدره أيضاً النجوم بغزارة. منذ أن وضع العالم البريطاني آرثر أدنتجون (1920م) نظريته لتفسير الطاقة المتولدة في النجوم والشمس. والتي جاءت كنتيجة منطقية لاكتشاف المواد المشعة ووضع النظرية النسبية التي وضعت الأسس العامة لفهم عملية الانشطار والاندماج النووي. وقد اعتبر أدنتجون أن طاقة الشمس تنتج من عملية اندماج نووية تحدث في قلب الشمس وذلك باندماج نواتي هيدروجين (H) مما يتكون عنهما نواة هليوم (He) وإلكترون موجبة الشحنة يسمى بوزيترون ($e^+$) وجسيم يعتقد العلماء أنه عديم الكتلة يسمى النيوترينو ($\nu$). هذا بالإضافة للطاقة الهائلة التي تتولد نتيجة ذلك التفاعل والتي تصل إلى سطح الشمس بعد مرور ملايين السنين من حدوث التفاعل.كثافة النيتورينو عالية إلا أنه صعب الالتقاط. وهذه الكثافة العالية لجسيمات النيوترينو في الكون تجعل منها مرشحاً لأن يكون المادة المظلمة التي تشكل الجزء الأعظم من الكون وتمسك الكون بكتلتها الهائلة وبالتالي تمتلك سر تحديد نهاية الكون ومصيره سواء كانت هذه النهاية بتمدد الكون واستمرار تمدده حتى تفلت زمام الأمور من القوة الثقالية (في هذه الحالة كتلة المادة المظلمة

كاملة لا تكفي لتماسك الكون وضبط توسعه) أو كانت بتمدد الكون لحد معين ثم تقلصه من جديد ليعود كما كانت لحظة ولادته (المادة المظلمة في هذه الحالة كافية لكبح جماح التوسع وقوة الجاذبية تعمل عملها). وهنا ظهرت أهمية هذه الجسيمات ولكن وفي خضم ذلك برز للعلماء سؤال مهم وهو هل للنيوترينو كتله؟ و السؤال عن كتلة النيوترينو يرتبط ارتباطاً وثيقاً بفرضية اهتزازات النيوترينو فإذا كان للنيوترينو كتلة صغيرة خلافاً لافتراضات النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات لأمكن للنيوترينو بأن يتحول إلى أحد النوعين الآخرين نيوترينو ميون و نيوترينو تاو فقد قام بعض العلماء بتجربة متميزة في هذا المجال بينت أن النيوترينو إلكترون يقضي ردحاً من حياته في صورة نيوترينوميون بل حتى نيوترينوتاو مما دفع العلماء لجلب مبادئ علم جديد هو الميكانيك النسبوي إلى ساحة هذه التجربة مما نتج عن ذلك وجود كتلة للنيوترينو هذه الكتلة بالغة الضآلة لا تتجاوز واحد من عشرة ملايين جزء من كتلة البروتون ولعل ضآلة هذه الكتلة أخر اكتشافها لكن هذا لا يؤكد امتلاك النيوترينو للكتلة لوجود تجارب أخرى تثبت أن النيوترينو لا كتلة له فما زال الموضوع مفتوحاً ولم يعطي العلم الجواب النهائي بعد لأن إمكانية تفسير هذا السؤال تجريبياً في هذا الوقت اعتمادا على المسرعات الموجودة غاية في الصعوبة بسبب عدم توفر التكنولوجيا المناسبة و الطاقة العالية وحتى نستطيع الإجابة عن هذا السؤال سيبقى النيوترينو لغز من ألغاز كوننا العظيم.

ومن جانب آخر فإن تفاعل النيترينو مع المادة ضعيف جداً، حيث تقدر المسافة التي يقطعها حتى يتفاعل بألف مليون كيلو متر ، لذا من العسير كشفه. ولتفاعله الضعيف هذا فإنه يخرج من قلب الشمس مباشرة بعد حدوث التفاعل ويصل إلى سطح الأرض بسرعة يعتقد أنها تصل إلى سرعة الضوء وبنسبة تدفق عالي تصل إلى 5 ملايين جسيم لكل سنتمتر مربع. وقد أهتم العلماء بدراسة هذا الجسيم لأنه يوفر فرصة دراسة التفاعلات الشمسية بشكل مباشر لأنه يصل مباشرة من منطقة

التفاعلات النووية في قلب الشمس. وتكمن الأهمية الأخرى لدراسة هذا الجسيم في التعرف على اللحظات الأولى لبداية الانفجار الكبير (Big Bang) الذي تشكلت منه أجزاء هذا الكون. حيث يعتقد العلماء أن القوة الطبيعية كانت متحدة قبل الانفجار الكبير، وعند بداية الانفجار كانت المادة المتشكلة تتكون بشكل أساسي من هذا الجسيم. لذلك فالتعرف على هذا الجسيم بشكل أكبر سيؤدي إلى صياغة نظرية لتوحيد القوى الطبيعية. ولكن رغم أهمية هذا الجسيم إلا أن الكشف المباشر عنه ما زال معضلة ويلجأ بعض العلماء إلى الكشف غير المباشر أي عن طريق الميون حيث يمكن للنيترينو أن يتحول إلى ميون، وهو جسيم مشحون يمكن كشفه ومعرفة اتجاه حركته، التي تنبئ باتجاه قدوم النيترينو. كما يمكن تقدير طاقة النيترينو المولد للميون. ولم ير أحد النيترينو ذو الطاقة العالية جداً، والتي تنطلق من النجوم التي تطلق الموجات الراديوية والمجرات الأخرى النشطة البعيدة عنا في الكون السحيق. وسبب ذلك ما ذكرناه آنفاً، لكون النيترينو أضعف الجسيمات الأولية المكتشفة تفاعلاً مع المادة، فمثلاً في الانفجار العظيم المرقم 1987 (إيه) لأحد النجوم في مرحلة الشيخوخة، الذي ولد طاقة عظيمة كانت شدة إضاءتها حوالي مائة ألف مليون ضعف الشمس في شدة الانفجار. ووصل إلى الأرض من هذا الانفجار، في حينه، ألف مليون مليون نيترينو بالمتر المربع، ولم يكتشف منها في المرصد إلا عدد قليل لا يتجاوز العشرين. لذا يتطلب الكشف عن النيترينوات تصميم كاشف كبير جداً يتراوح حجمه بين مئات وملايين الأمتار المكعبة!

وعبر مرات عدة عكف العلماء على محاولة التقاط هذا الجسيم على سطح الأرض. ومع كبر نسبة تدفقه مع والإشعاعات الكونية و كثرة وتنوع الجسيمات التي تصل إلى سطح الأرض والتي تتفاعل بشك أكبر مع المادة من النيوترينو جعل من اصطياده مهمة صعبه. ومن أجل تجنب تلك الإشعاعات بدأ العلماء في بناء مختبرات التقاط لهذا الجسيم تحت سطح الأرض منذ منتصف الستينات في القرن

الماضي. حيث شيد في الولايات المتحدة مختبر على عمق 1.5 كيلومتر تحت سطح الأرض وقد احتوى المختبر على خزانات تحتوي 516 طن من سائل يستخدم لالتقاط ذلك الجسيم. ويعود استخدام ذلك الحجم الكبير من السائل إلى رفع نسبة حصول التفاعل بين النيوترينو وجزيئات السائل.. ولكن النسبة الملتقطة من هذا الجسيم لم تتعدَ ربع القيمة المتوقعة نظرياً فقد أجمع العلماء المتخصصون على أن أفضل طريقة للبحث عن النيترينوات هو في الأحجام الهائلة من الأوساط الطبيعية، ذات الشفافية العالية للضوء، كالجليد القطبي، ومياه البحار والمحيطات، التي كان يعتقد العلماء – حتى وقت قريب – أنها أفضل وسط طبيعي للكشف عن النيترينو. وكانت الفكرة أن تغطس عدة أسلاك كهربائية (كابلات) مرتبطة بعدد كبير من كواشف التكبير الضوئي لتصل قاع المحيط وتوجه هذه الكواشف إلى القاع نحو مخروط الأشعة الضوئية الضعيفة، التي تدعى بأشعة الكبح، أو أشعة "جرنكوف"، المتولدة عن الميون وليد النيترينو، ذات الطاقة العالية في طريق خروجه صاعداً من باطن الأرض. ويعزو عدم توجيه الكواشف إلى الأعلى للحيلولة دون كشف الميونات المتولدة من نيترينو الذي يمر بجسمك خلال قراءتك لهذه الجملة، بما يزيد على مليون مليون، أي معظمها ذات طاقات غير مرتفعة.

توالت محاولات العلماء لالتقاط ذلك الجسيم بطريقة مشابهة لتلك للطريقة التي استخدمت في الولايات المتحدة، حتى العام 2001م ولكن دون تقدم ملحوظ. فبرزت الكثير من التساؤلات حول دقة وكفاءة تلك التجارب، ثم تجاوزت تلك التساؤلات لتصل إلى النظرية الأساسية التي وضعها أدنتجون حول طاقة النجوم. كما وضعت عدة نماذج لكيفية تلك الطاقة ولكنها لم تفلح في مطابقة النسبة التي تم التقاطها وقياسها. هذا مع تطابق بعض القياسات الشمسية المتعلقة بجوانب أخرى مبنية على تلك النظرية وذلك بشكل دقيق. بجانب ذلك قامت مشروعات بحث مشتركة تجرى لدراسة النيترينو، ذات الطاقة العالية، منها مجموعة "بيكل"، التي تجرى بالتعاون بين العلماء الألمان والروس، في عمق بحيرة "بيكل"،

التي يبلغ عمقها 1.4 كيلومتر. كما أن هناك مجموعة "نستار"، التي تجري تجاربها بالتعاون بين العلماء الفرنسيين واليونانيين لدراسة النيترينو عالي الطاقة، باستخدام كواشف النيترينو في عمق البحر الأبيض المتوسط. ومن الدارسين لفيض نيترينو الشمس الباحث الأمريكي ريموند ديفس، حيث وضع كاشفاً على عمق 1.5 كيلومتر، تحت الأرض، في منجم للذهب، في مدينة "ليد" جنوب ولاية داكوتا في الولايات المتحدة الأمريكية. ويحتوي الكاشف على حوالي 400 متر مكعب من سائل رباعي كلور الإثلين (4) $C_2Cl_4$، حيث أن أحد نظائر الكلور، وهو CL ، الموجود في السائل، له القدرة على التفاعل مع النيترينو ليولد نظيراً مشعاً للأرجون، ذا عمر نصفي قدره 35 يوماً، شريطة أن تكون طاقة النيترينو تزيد على 0.8 مليون إلكترون فولت.

وهناك دراسة يابانية للنيترينو تسمى كاميو كاندي- 2، تختلف أساساً عن الدراسات السابقة حيث يستخدم الكاشف 3000 طن من الماء (أي 3000 م3) للكشف عن أشعة الكبح، التي تتولد عند اصطدام النيترينو بإلكترون الماء، مؤدياً إلى انطلاق الإلكترون بسرعة تفوق سرعة الضوء في الماء. كما أن هناك التجربة الروسية –الأمريكية المسماه "سيج – SAGE" ، التي تجرى في مختبر بكسان للنيترينو داخل جبل القوقاز. وكذلك التجربة الإيطالية المسماة "جالكس – GALLEX" في مختبر جران ساسو الإيطالي الكائن تحت الأرض . وكلا المختبرين يستخدمان تفاعل النيترينو مع الجاليوم لتحويله إلى الجرمانيوم.

أمام هذه النتائج حاول العلماء إعادة النظر في طبيعة النيوترينو كجسيم فيزيائي حيث كان يعتقد حسب نظرية الجسيمات، أنه توجد ثلاثة أنواع لهذا الجسيم وهي مختلفة كلياً عن بعضها البعض. وهي النيوترينو- إلكترون و النيوترينو- ميون و النيوترينو- تاو، والنوع الذي ينتج في قلب الشمس هو من النوع الأول. ولم يكن يتوقع حسب تلك النظرية أن يتحول أحد هذه الأنواع إلى النوع

الآخر، لأن مثل هذا التحول قد يتعارض مع فكرة أن النيوترينو عديم الكتلة يسير بسرعة الضوء. لذلك فقد صممت التجارب لتلتقط النوع الأول فقط. ولكن في العام 1998م التقطت مؤشرات قوية تشير إلى تحول النوعين الأخيرين في الطبقات العليا للغلاف الجوي. واعتماداً على هذه المؤشرات ظهرت فكرة تحول النوع الأول أيضاً إلى النوعين الأخريين أثناء حركته دخل الشمس أو في المسافة بينها وبين الأرض أو في الغلاف الجوي للأرض.

وبإضافة هذه النتائج مع نتائج حصل عليها المرصد الأميركي الياباني في ديسمبر 2002م توضح تحول ضد النيوترينو من نوع لآخر فقد تم حل لغز النيوترينو. وأمكن التحقق عملياً من نظرية أدنتجون بعد مرور أكثر من 80 سنة على وضعها، ولتضع حد لأكثر من ثلاثة عقود من الأبحاث والتجارب المعقدة لالتقاط النيوترينو. وليفتح هذا الإنجاز العلمي الباب أمام فهم أدق لفيزياء الشمس. كذلك فهو يؤسس لفهم أكثر لطبيعة تشكل هذا الكون الذي يعتقد أن هذا الجسيم يشكل جزءً كبيراً من المادة السوداء التي تشكل النسبة الأكبر منه.

والجدير بالذكر تصميم مرصد سدبري للبحث عن دليل المباشر يؤيد نظرية الاندماج النووي الشمسي، وذلك بالكشف عن النيوترينوهات باستخدام العديد من تآثراتها المختلفة مع ما يحويه المرصد من الماء الثقيل الذي يبلغ 1000 طن. لا يقيس أحد هذه التفاعلات إلا عدد نيوترينوهات- الإلكترون،فظهر من التحليل الإحصائي النهائي لنتائج مرصد سدبري أن 576 حدثا تعزى إلى تفكك الدوتيرونات، وأن 1967 حدثا ناتجة من امتصاص النيوترينوهات، وأن 263 حدثا ناتجة من تبعثر الإلكترونات، فيما تُعزى سائر الأحداث وعددها 122 حدثا إلى النشاط الإشعاعي والتأثيرات الخلفية الأخرى. وينبغي لنا انطلاقا من هذا التعداد للأحداث حساب العدد الحقيقي للنيوترينوهات المارة خلال مرصد سدبري بناء على الاحتمالات الضئيلة لأن يتسبب نيوترينو بعينه في تفكيك دوتيرون أو أن يتم

امتصاصه أو أن يبعثر إلكترونا. وكانت حصيلة هذه الحسابات أن أحداث امتصاص النيوترينوهات البالغة 1967 حدثا تمثل مرور 1.75 مليون من نيوترينوهات- الإلكترون عبر كل سنتيمتر مربع من مكشاف مرصد سدبري في الثانية الواحدة. ويمثل هذا العدد 35 في المئة فقط من فيض النيوترينوهات الشمسية الذي تتنبأ به النماذج النظرية للشمس. وهكذا فإن مرصد سدبري يؤكد أولا ما كشفته التجارب الأخرى عن النيوترينوهات الشمسية، من أن عدد نيوترينوهات- الإلكترون الواصلة من الشمس هو أقل كثيرا من تلك التي تتنبأ بها النماذج الشمسية

إن الفائض في عدد النيوترينوهات المقاسة بوساطة تفكك الدوتيرونات يعني أن ثلثي العدد الكلي البالغ 5.09 مليون نيوترينو الآتي من الشمس هو إما نيوترينوهات- الميون وإما نيترينوهات- التاو. ولما كانت التفاعلات الاندماجية في الشمس لا تولد إلا نيوترينوهات- الإلكترون فلا بد أن يتحول بعضها وهو في طريقه إلى الأرض. وهكذا فقد برهن مرصد سدبري بشكل مباشر على أن النيوترينوهات لا تخضع في سلوكها إلى المخطط البسيط الذي يصفه النموذج المعياري: ثلاث نكهات متميزة عديمة الكتلة. وخلال عشرين عاما من المحاولات لم يتضح أن للجسيمات الأولية خواص لا يتضمنها النموذج المعياري، إلا من تجارب كتلك التي أجريت في السوبر- كمب وكاندا ومرصد سدبري. لقد قدمت الأرصاد المتعلقة بتحول نكهات النيوترينو دليلا تجريبيا مباشرا على وجود الكثير مما يُنتظر اكتشافه عن الكون الميكروي. تذهب مضامين الاكتشاف الذي حققه مرصد سدبري إلى أبعد من هذا، فإذا كانت النيوترينوهات تغير نكهاتها بالتذبذب فإن هذا يعني أن النيوترينو لا يمكن أن يكون عديم الكتلة. ومن بين الجسيمات المعروفة التي تملأ الكون، تأتي النيوترينوهات بعد الفوتونات من حيث التعداد، لذا فإن كتلة النيوترينو مهما كانت ضئيلة قد تكون ذات أهمية كوسمولوجية كبرى. لكن تجارب التذبذب في مرصد سدبري والسوبر-

كميوكاندا تقيس فقط الاختلاف في كتل النيوترينو وليس الكتل نفسها. ونظرا لأن الفرق في الكتل ليس صفرا فإن هذا يعني أن كتل بعضها على الأقل ليست صفرا. وإذا وفّقنا بين فروق الكتلة التي وفرتها نتائج التذبذب وبين الحدود العليا لكتلة نيوترينو- الإلكترون التي وفرتها تجارب أخرى، تبين لنا أن النيوترينوهات تشكل ما نسبته 0.3 إلى 21 في المئة من الكثافة الحرجة اللازمة لكون مسطح flat (تشير نتائج كوسمولوجية أخرى بقوة إلى أن الكون مسطح). وهذه الكمية ليست تافهة (إنها تماثل إلى حد ما ال4 في المئة من الكثافة الناتجة من الغازات والغبار والنجوم)، لكنها ليست كافية تماما لتفسير كل المادة التي يبدو أنها موجودة في الكون. ولما كانت النيوترينوهات هي آخر الجسيمات المعروفة التي كان يمكنها أن تؤلف المادة المظلمة المفقودة فإن جسيما أو جسيمات أخرى غير معروفة حاليا لا بد أن توجد أيضا بكثافة أكبر كثيرا من كل ما نعرفه.

## الأشعة الكونية

الأشعة الكونية جسيماتٌ عالية الطاقة، منشؤها الفضاء الخارجي. ويعتقد العلماء أن هذه الأشعة تملأ درب اللبّانة (اسم المجرة التي ننتمي إليها وتسمى أيضًا درب التّبانة)، وكذا المَجَرات الأخرى. وتتكون الأشعة الكونية من جسيمات تحت ذرية تحمل شحنة كهربائية، تمامًا مثل البروتونات والإلكترونات ونوى الذرات. وتتحرك هذه الجسيمات في الفضاء الخارجيّ بما يقارب سرعة الضوء ومقدارها 299,792كم/ث.

يقيس الفيزيائيون طاقة الأشعة الكونية بوحدات تُسمًّى إلكترونفولت (إف). وتتراوح طاقة معظم الأشعة الكونية بين بضعة ملايين إلكترونفولت (ماف) وبضعة بلايين إلكترونفولت (جاف).

والواقع أنَّ بليون إلكترونفولت تضيء مصباح بطارية لمدة جزء من مائة مليون جزءٍ من الثانية تقريبًا. إلا أنَّ بروتون أشعة كونية له هذه الطاقة، يستطيع أن يخترق صفيحةً من الحديد سمكها نحو 60سم.

تنشأ الأشعة الكونية من مصادر عديدة في الفضاء. ويعتقد العلماء أنَّ النجوم المنفجرة المسماة السوبرنوفا، والنجوم عالية الكثافة المسماة المنبضات، تنتج كمياتٍ كبيرةً من الأشعة الكونية.كما أن بعض الأشعة الكونية تنتجها الشمس. لكنَّ الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية جدًّا هي فقط التي تستطيع اختراق الغلاف الجويّ للأرض، وأقل من واحد في المليون من الأشعة المُختَرقة هو الذي يصل إلى سطح الأرض دون أن يصطدم بذرة في الهواء. وتؤدي هذه التصادمات إلى تحطيم كلٍّ من الشعاع الكونيّ والذرة، مولدًا فيضًا من الجسيمات تحت الذرية ذات الطاقة العالية. تصل بعض هذه الجسيمات بالفعل إلى سطح الأرض، بل إن منها ما يخترق الأرض إلى عمقٍ كبير. يطلق على الأشعة الكونية التي تتولد في الفضاء الخارجي اسم الأشعة الكونية الأولية، بينما يُطلق على الفيض المتولّد في الغلاف الجويّ اسم الأشعة الكونية الثانوية.

ويهتم العلماء بدراسة الأشعة الكونية، لأنها تمدُّنا بعينة من مادة انتقلت عبر الفضاء لملايين من السنين الضوئية. والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنةٍ واحدة، وهي تقريبًا 9,46 تريليون كم. ولقد أتاحت أبحاث الأشعة الكونية للعلماء أن يعرفوا الكثير عن الظروف الفيزيائية في المناطق البعيدة عن المجموعة الشمسية.

الأشعة الكونية الأولية وتسمى أيضًا الأوليات. وهناك نوعان من الأوليات هما المجرية والشمسية.

الأشعة الكونية المجرِّية. وتأتي هذه الأشعة من خارج المجموعة الشمسية، وهي تُشكِّل معظم الأوليَّات. في أثناء فترات خمول الشمس، يسقط في المتوسط شعاعٌ كونيٌّ مجرِّيٌّ واحد على كل سنتيمتر مربع من السطح الخارجيّ للغلاف الجويّ في الثانية.

تتكوَّن الأشعة الكونية المجرية من نوى الذرات بنسبة 98٪، والنسبة الباقية وهي 2٪ مكونة من إلكترونات وبوزيترونات، وهي إلكترونات تحمل شحنة موجبة. أما النوى، فمنها البروتونات (نوى الهيدروجين) بنسبة 87٪ تقريبًا، ومنها نوى الهيليوم بنسبة 12٪، والباقي هي نوى كل العناصر الأثقل من الهيليوم. يعتقد الفيزيائيون أنَّ معظم الأشعة الكونية اكتسبت طاقتها العالية نتيجة لتسارعها بسبب موجاتٍ صدميةٍ صادرة عن السوبرنوفا (فائق الاستعار) أو بسبب وجود مجالات مغنطيسية قوية حول النابضات. ويمكن أيضًا للأشعة الكونية المَجَريَّة أن تكتسب طاقةً نتيجةً لتصادماتها مع تصدعاتٍ متحركة في المجالات المغنطيسية الواقعة في الفضاء البيني للنجوم. ويمكن تصوير المجال المغنطيسي على أنه مجموعة خطوط تخيلية للقوة المغنطيسية تمتد في الفراغ حيث تستطيع الجسيمات أن تتحرك بيسر على خطوط المجال مثلما تتحرك حُبَيبات مسبحة على خيطها، إلا أنَّ الجسيمات تقابل صعوبةً في الانتقال عبر الخطوط. وعندما يتحرك أحد خطوط المجال، تتحول بعض الطاقة الناشئة عن حركته إلى الجسيمات المتحركة عليه.

ومتى تسارعت الأشعة الكونية المجريَّة في مجرتنا، فإنها تظلُّ في المتوسط لمدة عشرة ملايين سنة تنتقل عشوائيًّا في المجالات المغنطيسية للمجرة، ومصيرها في النهاية إمَّا الهروب من المجرة، أو فُقدان سرعتها نتيجةً لتصادمها مع مادة الفراغ البيني للنجوم.

تعمل الرياح الشمسية على منع بعض الأشعة الكونية المجريَّة من دخول المجموعة الشمسية، وتتكون هذه الرياح من ذرات مشحونة كهربائيًا تنطلق خارجة من الشمس إلى المجموعة الشمسية. يُصاحب الرياح الشمسية مجالٌ مغنطيسيٌّ يمنع كثيرًا من الأشعة الكونية المجريَّة من دخول المجموعة الشمسية. ويصدق هذا، على وجه الخصوص، في فترات النشاط المتزايد على سطح الشمس. ومن ثم، يقلُّ تركيز الأشعة الكونية المجرية بالقرب من الأرض كلما زاد النشاط الشمسيّ، وهذا ما يحدث دوريًا كل إحدى عشرة سنة فيما يُسمَّى دورة الكلف الشمسي الأشعة الكونية الثانوية الأشعة الكونية الثانوية، أو الثانويَّات، تنتج عن تصادم الأشعة الكونية الأولية بالنّوى الذرية الموجودة في الطبقات العليا من الغلاف الجوي للأرض.

ينشأ عن هذه التصادمات تفتُّت الأوليَّات وتحوُّل جزء من طاقتها إلى جسيمات تحت ذرية. يتصادم عددٌ من الجسيمات الجديدة بالنّوى الأخرى في الغلاف الجويّ منتجةً المزيد من الجسيمات. وتنتج مثل هذه التصادمات المتتالية فيضًا من الثانويات التي تحتوي على كافة أنواع الجسيمات تحت الذرية. وهذه الأشعة الكونية الثانوية توجد بدءًا من أعلى طبقات الجو، وحتى أعمق المناجم في الأرض يعمل الغلاف الجويّ على إبطاء الثانويات، وعلى ذلك فلا يصل إلى الأرض إلا نسبة صغيرة. في المتوسط، يصل جسيم واحد إلى كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض في الدقيقة. ومعظم هذه الجسيمات جسيمات تحت ذرية تُسَمَّى ميونات يؤثر المجال المغنطيسيّ للأرض على كثافة الثانويات في الغلاف الجويّ. وخطوط هذا المجال منحنيات من القطب المغنطيسيّ الشماليّ إلى القطب المغنطيسي الجنوبي ولا يستطيع اختراق المجال المغنطيسيّ بالقرب من خط الاستواء إلا الأوليّات ذات الطاقات العالية جدًّا؛ وذلك لأنها تُضطر هناك إلى عبور خطوط المجال. أما عند القطبين، فحتى الأوليات ذات الطاقة المنخفضة تستطيع أن تتحرك على خطوط المجال وتخترق الغلاف الجويّ. وعلى ذلك، فإنَّ كثافة الثانويات تكون أقل ما يمكن عند خط الاستواء، وتتزايد كلما اتجهنا نحو القطبين.

## تأثير الأشعة الكونية:

مستوى الإشعاع الناتج عن الأشعة الكونية على الأرض أقل بكثير من أن يسبِّب أضرارًا للكائنات الحية. يقيس العلماء جرعة الإشعاع بوحدة تُسَمَّى الراد، وتعتبر الجرعة طويلة المدى التي تزيد على بضعة رادات في السنة غير مأمونة. أما عند مستوى سطح البحر، فإنَّ الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية المجرية تقل عن عشرة رادات في السنة. على أن مستوى الإشعاع في الأحزمة الإشعاعية للأرض يمكن أن يشكِّل خطورةً على رجال الفضاء، كما أنه يضرُّ بالأجهزة. كذلك يحدث إشعاعٌ نتيجة تهيج شمسي شديد في أيّ مكان خارج الغلاف الجويّ. لذلك، يلزم تهيئة سفن الفضاء التي يحتمل تعرضها لمثل هذا الإشعاع بدروع تقيها منه. وتحاول مركبات الفضاء الحاملة للبشر أن تتجنب أحزمة الإشعاع وكذا حالات التوهج الشمسي الشديد.

لقد تعرضت بعض مركبات الفضاء لمشاكل نتيجة لتأثير الأشعة الكونية المجرية على الدوائر الإلكترونية للمركبة. ويستطيع شعاعٌ كونيٌّ منفرد نجح في اختراق قطعة صغيرة من دائرة أن يُغيِّر المعلومات المحفوظة على هذه القطعة. ويكاد يكون من المستحيل إيجاد حماية ضد الأشعة الكونية المجرية نظرًا لطاقتها العالية، ولذلك فقد اضطر العلماء والمهندسون إلى تطوير مكوِّنات للدوائر أقل حساسية لتأثيرات الأشعة الكونية.

يأتي أحد التأثيرات المفيدة للأشعة الكونية من تفاعل الثانويات مع نوى النيتروجين في الغلاف الجويّ للأرض. هذا التفاعل يُنتج نوعًا مشعًّا من الكربون يُسمَّى الكربون الإشعاعي. وتقوم الكائنات الحيَّة، باستمرار، بإدماج الكربون، بما في ذلك الكربون الإشعاعيّ، في خلاياها. ونظرًا لأن الكربون الإشعاعي يتحلل بمعدل ثابت، فإن القدر المتبقي منه في المادة الحية يدل العلماء على عمر هذه المادة.

ظنَّ الفيزيائيون في البداية أنَّ الأشعة الكونية هي أشعة جاما وفي أواخر العشرينيات من القرن العشرين، اكتشف العلماء أنَّ الأشعة الكونية تتأثر بالمجالات المغنطيسية بخلاف أشعة جاما وقد أوضح هذا التأثر أن الأشعة يجب أن تكون جسيمات مشحونة. وفي أواخر الأربعينيات، أوضحت الدراسة الضوئية للأشعة الكونية أنَّ الأوليَّات تتكون أساسًا من نوى الهيدروجين ونوى الهيليوم. وفي خلال الخمسينيات، درس الفيزيائيون تأثيرات الشمس على الأشعة الكونية. وفي عام 1961م، لاحظ هؤلاء الفيزيائيون لأول مرة وجود إلكترونات بين الأوليَّات. ومنذ الستينيات، فإنَّ سفن الفضاء قد مكَّنت العلماء من دراسة الأوليَّات خارج الغلاف الجوي وخارج المجال المغنطيسيّ للأرض.

تناقص شدة الأشعة الكونية Cosmic Ryas Decreases الأشعة الكونية هي عبارة عن جسيما ت مشحونة ذات طاقات عالية جداً تتكون في غالبيتها من البروتونات . تصل إلى الأرض وما حوله بالإضافة إلى انتشارها في جميع أرجاء الكون من مصادر كونية غير معروفة. في فترة النشاط الشمسي وخصوصاً في فترات الانفجارات الشمسية 'وتزايد شدة المجالات المغناطيسية التي لها القدرة على حرف و تغيير اتجاه الجسيمات المشحونة. فإننا نجد أن الأشعة الكونية ذات الطاقات المنخفضة منها تتأثر و تتناقض شدتها فيما يعرف بظاهرة تناقض فوبش Fobush decrease.

بالإضافة إلى ما سبق فهناك بعض الظواهر البسيطة التي تحدث خلال فترة النشاط الشمسي و التي من أهمها ما يعرف بظاهرة اختفاء السحب الداكنة Disappearance of filaments.

وقد عملت الكثير من معاهد أبحاث الفضاء والمعاهد الفلكية المتخصصة لدراسة الشمس وأولها وكالة الفضاء الأمريكية ناسا NASA على وضع العديد من الأقمار الصناعية والمحطات الفضائية مثل القمر الصناعي GOES والقمر

ACE وكذلك القمر الصناغي اليابـاني SOHO وذلـك بغـرض رصـد الشـمس والمنطقة التي بين الأرض والشمس ودراسة التأ ثيرات الشمسية عليها ومن ثم إعداد التقارير والصور اليومية المتعلقة بذلك بحيث يسهل للباحثين إمكانية الحصول على المعلومات المطلوبة في دراساتهم وأبحاثهم . حيث يوجد هناك العديد من المواقع على شبكة الإنترنت مهتمة بهذا الخصوص

هذا بالإضافة إلى العديد من المعامل والمراصد الأرضية التي خصصت في الغالب لدراسة الشمس و في المملكة العربية السعودية يوجد بعض العديد من هذه المراصد حيث يعتبر المرصد الشمسي في قسم الفلك بجامعة الملك عبد العزيز بجدة أحد أهم هذه المراصد و أكثرها تجهيزاً.

**خصائص الأشعة الكونية** rays properties of cosmic

في عام 1920 وبعد سلسة تجارب أجراها مليكان ومساعدوه في جامعة كاليفورنيا على قياس الأشعة الكونية على إرتفاعات متفاوتة فوق سطح الأرض وفي أعماق مختلفة في البحار والمحيطات . تبين أن لهذه الأشعة قدرة على اختراق عالية جداً لا تقارن إطلاقا بقدرة الاختراق لأشعة جاما الصادرة من جميع العناصر المشعة طبيعياً . الأمر الذي يؤكد أن للأشعة الكونية طاقة مرتفعة جداً . وبسبب وجود الغلاف الجوى المحيط بالأرض . فإن الأشعة الكونية التي تصل إلى سطح الأرض لا تكون في الغالب هي الأشعة الابتدائية التي تسقط على الغلاف الجوي، بل هي أشعة ثانوية ناتجة عن تفاعل الأشعة الابتدائية مع ذرات الغلاف الجوي. وبعد أن أصبحت إمكانية القياس للأشعة الكونية ممكنة عند إرتفاعات عالية جداً . أصبح من الممكن التعرف على طبيعة الأشعة الكونية الأصلية . وقد أمكن في بعض التجارب قياس الأشعة الكونية التي تصل طاقتها إلى 10^9 جيجا إلكترون فولت وتشمل الأشعة الكونية أنواعا عديدة من الإشعاعات والتي يغلب عليها الايونات التي يتراوح عددها الذري بين (أيون الهيدروجين أي البروتون) إلى 26

(أيون الحديد) . وتدل غلبة وجود البروتونات في الأشعة الكونية على وجود نسبة عالية من الهيدروجين في الفضاء .

ونظراً لأن الأيونات المشحونة تكون نسبة عالية من الأشعة الكونية ,لذلك فإن هذه الأشعة تتأثر بالمجال المغناطيسي المحيط بالأرض , حيث يؤدي إلى إزاحة الجسيمات المشحونة المتحركة , خصوصاً ذات الطاقة القليلة منها بعيداً عن الأرض . وتزداد هذه الإزاحة عند خط الاستواء بسبب ازدياد المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي , في حين تقل هذه الإزاحة عند القطبين بسبب نقصان المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي , وهذا يعني أن الأشعة الكونية تكون قيمتها الدنيا عند خط الاستواء , ثم تزداد مع خطوط العرض المغناطيسية , إلى أن تصل إلى قيمتها العظمى عند الأقطاب .

والجدير بالذكر أن المجال المغناطيسي الأرضي يعمل كمرشح تمرير عالٍ فهو يسمح فقط للأشعة الكونية ذات الطاقة العالية بالوصول إلى سطح الأرض وذلك لعدم قدرتها على إزاحتها .

## الجسيمات الأساسية في الأشعة الكونية

يرتبط الحديث عن الجسيمات الأساسية بالحديث عن الأشعة لسببين أولهما أن اكتشاف بعض الجسيمات الأساسية كان أثناء دراسات أجريت على الأشعة الكونية , وثانيهما أن بعض الجسيمات الأساسية لا يمكن توليدها إلا بحصول تفاعلات نووية تكون فيها القذيفة ذات طاقة عالية جداً لا يمكن توفيرها معملياً ولا توجد إلا بالأشعة الكونية .

لقد كان يعتقد أن الجسيمات الأساسية التي تعتبر الوحدات الأساسية لتركيب المادة محصورة في ثلاثة جسيمات هي البروتون والنيترون والإلكترون , ولكن يوكاوا في محاولته لتفسير القوة النووية بين النيوكلونات ,افترض أن هذه

القوة تبادلية ومصدرها جسيم أساسي مشترك بين النيوكلونات . وكتلته تقع بين البروتون والإلكترون . كما هو الحال في قوة الربط الحاصلة في جزيء الهيدروجين نتيجة اشتراك ذرتين فيالكترونين . تقدم كل ذرة واحدة منهما .

وبعد وضع وضع يوكاوا لنظريته تم اكتشاف الميوميزون أو الميون . وهو جسيم كتلته تعادل 206 كتلة الإلكترون . وقد تم التعرف عالي هذا الجسيم أثناء أثناء الدراسة على الأشعة الكونية حيث يعتبر الميون أحد النواتج الثانوية لهذه الأشعة ذلك أن الأشعة الكونية ذات طاقة أعلى بكثير من أية طاقة ربط نووية . ولذلك فإن تأثيرها على النواة لا يؤدي إلى تحرير النيوكلونات فحسب بل يبقى من طاقتها من طاقتها ما يكفي لتحطيم النيوكلونات نفسه وإخراج الميون منه . وقد كان يظن ابتداءان الميون هو الجسيم الذي توقعه يوكاوا في نظريته إلا أن قدرة الاختراق العالية للميون التي تجعله يخترق عشرات الكيلومترات من الغلاف الجوي ومئات الأمتار من ماء البحر تعني أن تفاعله مع النيوكلونات ضعيف جداً . وبعد اكتشاف الميون تم اكتشاف جسيم آخر هو الباي ميزون أو البيون وهو أثقل بقليل من الميون . ولكنه يتفق تماماً مع نظرية يوكاوا من حيث كونه شديد التفاعل مع النيوكلونات وقد أصبح من المؤكد البيون هو الجسيم الذي توقعته نظرية يوكاوا . وقد تلا اكتشاف البيون اكتشاف العديد من الجسيمات الأساسية الأخرى والتي كان للأشعة الكونية الأثر في الكبير في اكتشافها ويبين الجدول التالي أهم هذه الجسيمات مع بعض خواصها . وهي مرتبة حسب كتلتها . ويمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات:أولاها الجسيمات الثقيلة وتسمى الهايبرونات أوالباريونات وأصغرها كتلة هوا لبروتون . وهي جسيمات ذات عدد كمي لفي s نصف صحيح $\frac{1}{2}$أو$\frac{1}{3}$مثل الجسيمات $\Omega$ و$\sum$ و$\Xi$ و$n$ و$p$ .وثانيهما الجسيمات المتوسطة الكتلة وهي الميزونات مثل $\pi$ و$k$ وهي ذات عدد كمي لفي صحيح . أما ثالثتها فهي الجسيمات الخفيفة وتسمى ليبتونات مثل $e$و$\mu$ و$\nu$. وهي ذات عدد كمي لفي نصف صحيح.

وفي القران الكريم يقول الله تعالى في كتابه العزيز (وجعلنا الليل والنهار آيتين فمحونا آية الليل وجعلنا آية النهار مبصرة لتبتغوا فضلا من ربكم ولتبتغوا عدد السنين والحساب وكل شيء فصلناه تفصيلا) (الإسراء) في هذه الآية الكريمة يذكرنا تبارك وتعالى بأنه قد جعل الليل والنهار آيتين من آياته الكونية المبهرة التي تدل على قدرته . فاختلاف هيئة كل من الليل والنهار في الظلمة والنور وتعاقبها على وتيرة رتيبة منظمة ليدل دلالة قاطعة أن خالقهماقادرا على عليما حكيم عليم . وتتحمل الآية من المعاني ماهوفوق ذلك , مما يحتاج إلى توظيف العديد من الحقائق العلمية الحديثة . فقد ثبت علميا أن أفضل نوم للإنسان هو نومه باليل وان إطالة النوم بالنهار يؤثر في صحته تأثيرا سلبيا وربما كان ذلك يعود إلى الحقيقة التي مؤداها أن الله تعالى قد جعل الليل لباسا والنهار معاشا , وإلى الحقيقة الكونية التي تقول أن الانكماش الملحوظ في سمك طبقات الحماية في الغلاف الغازي للأرض ليلا , وتمددها نهارا يؤدي إلى زيادة قدراتها على حماية الأرض بالنهار عنها في الليل حيث ترق طبقات الحماية الجوية تلك رقة شديدة . وقد تسمح لعدد من الإشعاعات الكونية بالنفاذ إلى الطبقات الدنيا من الغلاف الغازي للأرض وهي إشعاعات كونية مهلكة لمن يتعرض لها لمدة كافية , ومن هنا كان الامرالقراني بالاستخفاء في الليل والظهور بالنهار وقد طلب الله من رسوله عليه الصلاة والسلام أن يستعيذ بالله منشر الليل إذا دخل بظلامه فهذا الشر ليس مقصورا على الظلمة وما يمكن أن يتعرض فيها المرء إلى مخاطر البشر, بل قد يمتد إلى مخاطر الكون وإشعاعاته وعلى الرغم من الظلام الشامل للكون الذي لم يدركه الإنسان الابعد ريادة الفضاء منذ مطلع الستينات من القرن العشرين فإن العلماء لاحظوا في سماء الأرض عدداًمن الظواهر المنيرة في ظلمة الليل الحالك منها : توهج الهواء في طبقات الجو العليا و ظاهرة أنوار مناطق البروج وظاهرة أضواء النجوم في مواقعها المختلفة وظاهرة الفجر القطبي وأطيافه التي تعرف باسم الأضواء القطبية التي ترى باليل في سماء المناطق القطبية .

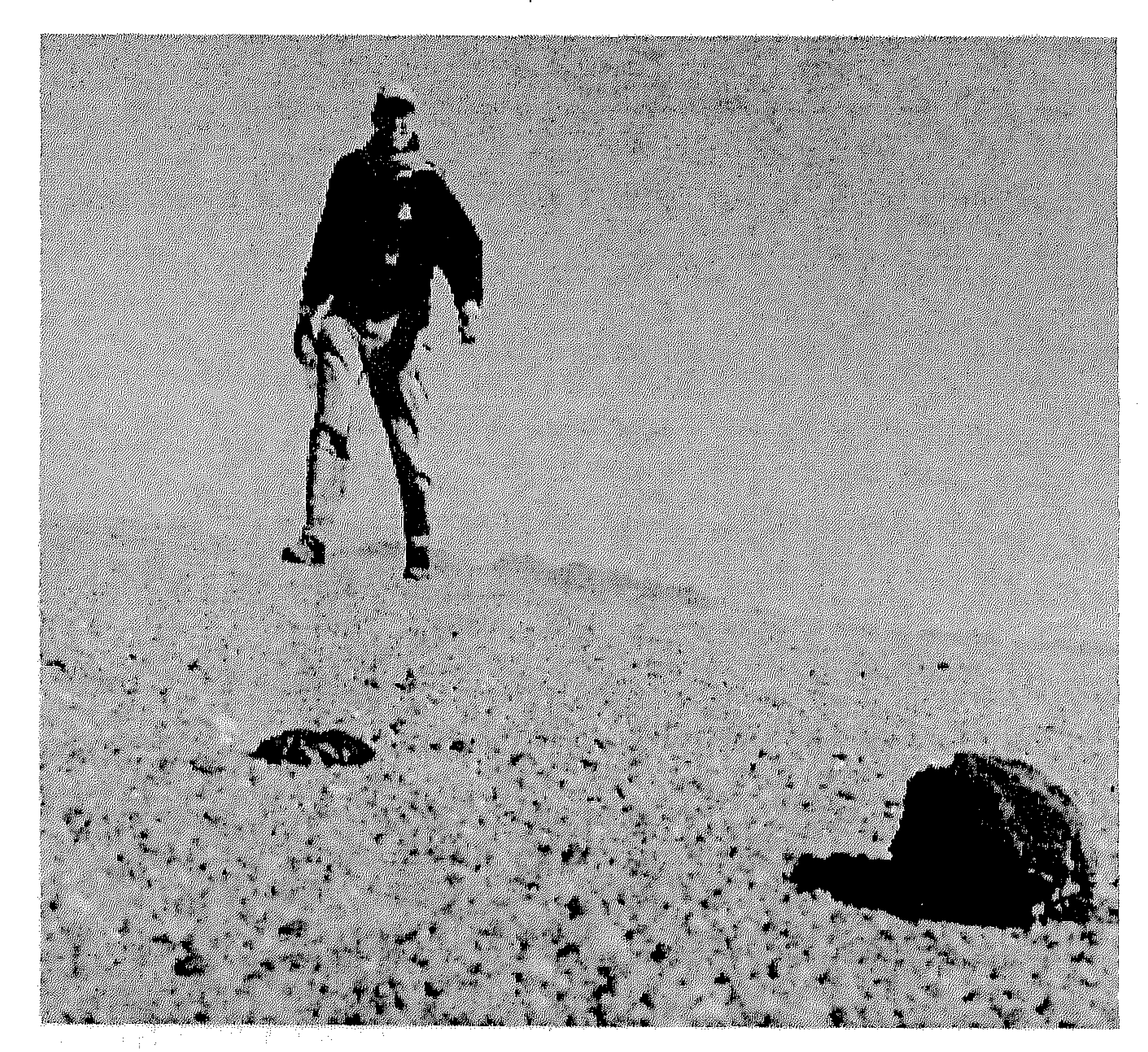
ويفسر العلماء ظاهرة الفجر القطبي بارتطام الأشعة الكونية بالغلاف الغازي للأرض مما يؤدي إلى تأينه (أي شحنه بالكهرباء ) وإصدار أشعة كونية ثانوية ثم تصادم الإشعاعات الكونية مع بعضها في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تفريغها وتوهجها وتنطلق الأشعة الكونية من الشمس وان كان اغلبها يصلنا من خارج المجموعة الشمسية . وتتسرب الاشعة الكونية الأولية إلى الأرض عبر قطبيها المغناطيسيين لتصل إلى أحزمة الاشعاع ومناطق التأين في الغلاف الغازي مما يؤدي إلى تكون الأشعة الكونية الثانوية التي قد يصل بعضها غلى سطح الأرض فيخترق صخورها أما الأشعة الكونية الأولية فلا يكاد يصل منها إلى سطح الأرض قدر يمكن قياسه

والأشعة الكونية بأنواعها المختلفة تتحرك بمحاذاة خطوط المجال المغناطيسي للأرض . والتي تنحني لتصب في قطبي الأرض المغناطيسي ساحبة معها موجات الأشعة الكونية . وذلك لعجزها عن عبور مجال الأرض المغناطيسي . ومن الثابت علميا أن نطاق الحماية للأرض ومنها الأوزون لم تكن موجودة في بدء خلق الأرض ولم تتكون إلا على مراحل متطاولة من بداية الخلق وعلى ذلك فقد كانت الأشعة الكونية وباقي صور النور تصل الى الارض فتؤدي الى إنارتها وتوهجها ليلاً بمثل ظاهرة الشفق القطبي وتوهج الهواء وأضواء النجوم وغيرها مما يشاهد اليوم ولكن بمعدلات أشد وأقوى وبعد تكون الحماية للأرض أخذت بالتضاؤل تدريجيا حتى اقتصرت على بقايا رقيقة من مناطق محدودة مثل منطقتي قطبي الارض لتبقى شاهدة أن ليل الارض في المراحل الأولى لخلقها كان يضاء بوهج لا يقل في شدته عن نور الفجر الصادق .

## ملحـــــق

### باعتبارها أول مرة يتمكن علماء الفلك من رصد مسار كويكب وهو يتجه للسقوط نحو الأرض (نيزك حلفا)..انجاز فريد في علم الفلك

محمد هاشم البشير*

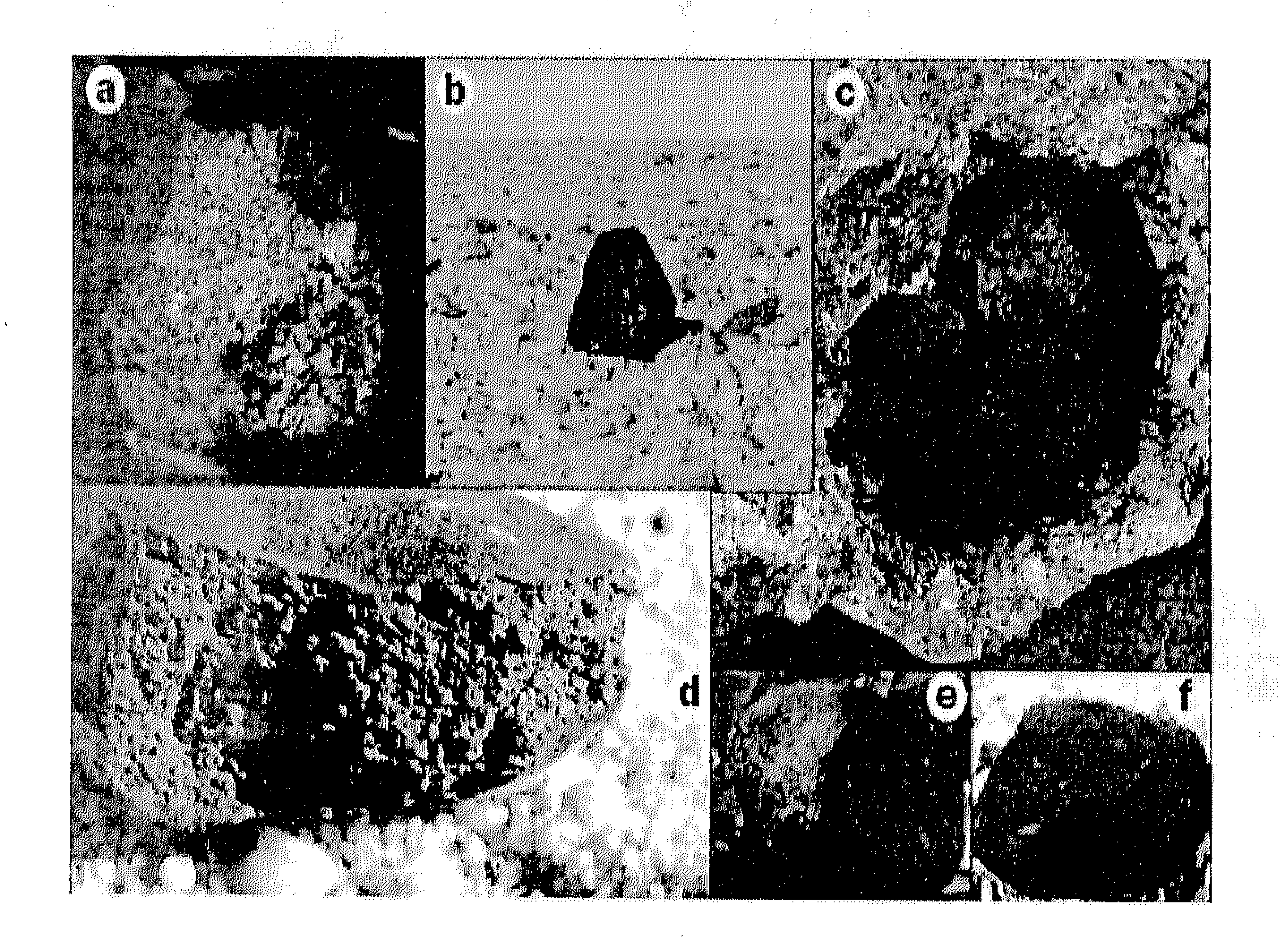


كان 7 أكتوبر 2008م تاريخاً مهماً بالنسبة للفلكيين في جميع أنحاء العالم وذلك عند سقوط نيزك (TC3 2008) على الصحراء النوبية شمالي السودان ويأتي سر أهمية هذا التاريخ لأنه لأول مرة في تاريخ العلم يتمكن فيها علماء الفلك من رصد مسار كويكب بالتلسكوبات، وهو يتجه نحو الأرض، ويقترب منها، ليسقط بعد 19 ساعة تقريباً من تحليقه محترقاً في الغلاف الجوي، فيما تناثرت

بعض أجزائه في منطقة وادي حلفا. وكان النيزك يسير بسرعة 12.8 كيلو متر في الثانية الواحدة (29,000 ميل في الساعة).ثم انفجر على بعد عشرات الكيلومترات فوق سطح الأرض بطاقة تساوي (0.9 إلى 2.1) كيلو طن من مادة (TNT) أي ما يعادل (عُشر طاقة انفجار قنبلة هرشيهما كما قدرها بروفسور معاوية شداد ) ، مما تسبب في كرة كبيرة من اللهب أو الشهب المتفجر في السماء شمالي السودان في الصباح الباكر. وبالرغم من أن النيزك سقط .على الصحراء، إلا أن كثير من سكان المناطق المجاورة ، أفادوا بأن النيزك أشعل ضوءاً قوياً لدرجة أنه أضاء السماء مثل القمر الكامل وأنهم شاهدوا ومضة مضيئة هائلة و أحدث سقوطه دوياً هائلاً رصد في كل من أثيوبيا وكينيا وشمال تشاد."

وبعد تفتيش المنطقة و الذي بدأ في 6 ديسمبر ، 2008 ، استطاع العلماء جمع 47 قطعة من النيازك المتبقية من الكويكب الذي كان يزن 83 طنا ، و رصده بيتر جينسكينز الباحث في معهد «إس آي تي تي» في كاليفورنيا. وتراوح وزن الأجزاء المتناثرة بين 1.5 و 283 غراما. وفي وقت لاحق أطلق الباحثون على الكويكب المحترق اسم «المحطة ستة» نسبة إلى الموقع السوداني الذي سقط فيه. أي محطة القطارات بين وادي حلفا والخرطوم بالقرب من مدينة (عكاشة) بالولاية الشمالية.

وقال العلماء إن الكويكب من نوع نادر يسمى «أوريليت» وهو من «صنف إف»، وهو الصنف الذي يشكل نسبة قليلة من الكويكبات لا تزيد عن 1.3 في المائة. ويحتوي على العديد من العناصر أهمها مادة الكربون ويعتبر من النوع الذي يندر وجوده( CI/CM carbonaceous)  وقد أظهرت تحليلات مكوناته أنه حديث التركيب إذ لم تمض عليه سوى عدة ملايين من السنين داخل المجموعة الشمسية. وقد قام بالبحث العالم السوداني معاوية شداد من جامعة الخرطوم و العالم الأمريكي بيتر جينسكينز من معهد سيتي ، ولاية كاليفورنيا ، بالإضافة إلى مجموعة من الطلاب والموظفين في جامعة الخرطوم.



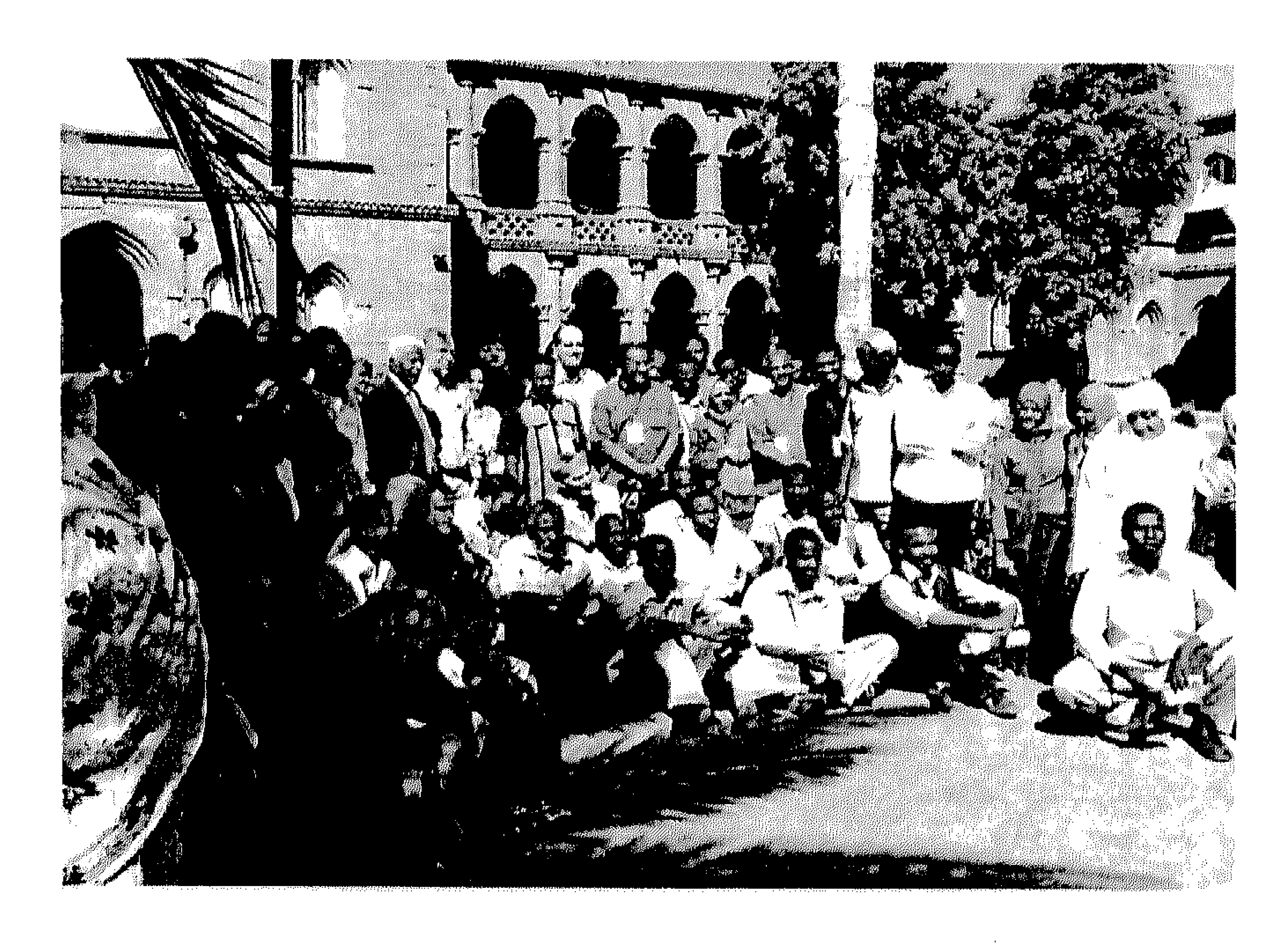

والشظايا الـ 15 الأولى عثر عليها في الأيام الثلاثة الأولى من البحث ما يعتبر انجازاً علمياً هائلاً. وأجريت مقابلات مع العديد من شهود العيان الذين قال احدهم: (عندما كنا نصلي الفجر سمعنا صوتا عالياً جداً ومخيفاً ورأينا ضوءاً غير عادياً، وبعد أداء الصلاة شاهدنا سحباً ركامية)، والشظايا التي عثر عليها للنيزك كانت تمثل أول شظايا يتم العثور عليها نيزك سبق تعقبه في الفضاء الخارجي قبل أن يرتطم بالأرض.



عينات من النيزك (Almahata) أرسلت للتحليل ،مركز جونسون الفضائي في هيوستن ، ومؤسسة كارنيجي في واشنطن ، وجامعة فوردهام في مدينة نيويورك. ويقول العلماء إن جمع هذه القطع يمثل فرصة نادرة لدرس الطريق التي سلكها النيزك وتكوينه الكيميائي.و أن ذلك قد يسهل عملية حماية الأرض من سقوط نيازك عليها في المستقبل .وعرف حتى الآن أن المادة الرقيقة التي يتكون منها النيزك هي التي جعلته يتفكك على علو 37 كيلومترا، ما أدى إلى تخفيف سرعته، حسبما يقول جينيسكينز.لكن الأمر الفريد والنادر "كانت رؤية النيزك قبل أن يدخل الغلاف الجوي ومتابعته."وتنبأ العلماء بان سقوط هذا النيزك سيفتح آفاقا

جديدة من البحث العلمي . يقول العالم الأميركي بيتر كينز إن "هناك عددا كبيرا من الكويكبات غير المعروفة لعلماء الفلك، ونحن نحاول معرفة بعضها خاصة تلك التي تسقط من الفضاء الخارجي. وهذه أول مرة نعثر على واحد منها، ولحسن الحظ عثرنا على قطعة صغيرة منه، وذلك سيمكننا من معرفة المادة التي يتكون منها.

و أكد البروفسور معاوية شداد عالم الفيزياء والخبير في علم الفلك أن النيزك الذي سقط حديثاً في شمال السودان يعد أرضاً خصبة للدراسات والبحوث التي ستقود إلى نتائج جديدة وتجيب على الكثير من الأسئلة حول نشوء وتكوين الحياة في الكون. ولم يتسبب النيزك في أي خسائر بشرية لدى سقوطه، لكنه أعاد إلى أذهان العلماء مشكلة الخوف من هجمات صاعقة للنيازك على الأرض قد تؤدي إلى كوارث لا تحمد عقباها.



وعلى خلفية هذا الحدث العلمي في السودان ينعقد عقد بجامعة الخرطوم مؤتمر لدراسة هذا الحدث بقيادة رئيس قسم الفيزياء البروفسور معاوية شداد الذي أولى هذا الموضوع اهتماماً منذ اليوم الأول وبذل قصارى جهده مع فريقه لإعطاء الأمر قدره من الاهتمام .

هذا وقد توافد للسودان أكثر من تسعة عشر عالماً عالمياً متخصصاً لدراسة الموضوع.

وهذا موقع لمزيد من المعلومات:

http://asima.seti.org/2008TC3/workshop2008TC3.html

- **باحث أكاديمي من السودان**

# خاتمة الكتاب

# خاتمة الكتاب

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله.. الحمد لله الذي يسر وأعان.

لقد بحثنا في هذا الكتاب عن النظريات العلمية الحديثة حول الكون، **وبنظرة عامة على الكتاب فإن الفيزياء الكون** هو تطبيق مبادئ الفيزياء على مجالات عديدة من علم الفلك. والفيزياء الفلكية تحاول تحديد الطبيعة المادية للنظام الشمسي والنجوم والمجرات والكون كله وأصولها وتطورها ويجري علماء الفيزياء ( الطبيعة ) الفلكية كثيرًا من الدراسات بوساطة التلسكوبات وتمكنهم التلسكوبات البصرية من رصد الأجرام الفضائية التي تطلق موجات كهرومغناطيسية في أشكال ضوء مرئي وأشعة تحت حمراء. وتستخدم التلسكوبات الراديوية لدراسة الموجات الراديوية التي تبثها أو تعكسها الكواكب والنجوم والمجرات. وتبث مختلف الأجرام الكونية أشعة جاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية. ومثل هذه الموجات يمتصها - إلى حد كبير- غلاف الأرض الجوي، ومن ثم لا يمكن الكشف عنها بوساطة تلسكوبات على سطح الأرض. ويقوم بدراستها علماء الفيزياء الفلكية عن طريق مختبرات خاصة تحملها مناطيد طبقات الجو العليا والصواريخ والمركبات الفضائية.

ويشمل البحث في علم الفيزياء الفلكية أيضًا. **دراسة الإشعاعات الكونية**، وهي جسيمات ذات طاقة عالية يعتقد أنها ناجمة عن الشمس والنابضات والمستعرات فائقة التوهج وغيرها من أنواع النجوم. وتساعد دراسات الأشعة الكونية علماء الفيزياء الكونية على فهم أفضل للعمليات النووية التي تحدث داخل النجوم

كل ذلك تطرقنا إليه في الكتاب بصورة مفصلة وسلسة ومبسطه وآثرنا الابتعاد عن العمل الرياضي حتى يجد هواة الفلك نصيبهم في الاطلاع على الكتاب .

**الحمد لله اولا واخيراً.,**



# المصادر والمراجع

# المصادر والمراجع


- الكون والثقوب السوداء ، تأليف رؤوف صيفي ، سلسلة عالم المعرفة
- النهاية ترجمة مصطفى إبراهيم فهمي
- الكون الأعظم ، أحمد محمد عوف
- الكون في قشرة جوز، تأليف ستيفن هوكنج ، ترجمة د.مصطفى ابراهيم فهمي
- محاضرات للدكتور محمد صالح سيد النواوي
- مجلة العلوم الأمريكية
- مجلة العربي
- مجلة حراء
- مقالات الدكتور محمد إبراهيم جار الله
- مقالات المهندس فائز فوق العادة
- مقال نظرية الكون المدور ترجمة علاء غزالة
- موسوعة ويكيبيديا ar.wikipedia.org
- موقع الكون www.alkawn.net

- موقع جمعية الفلك بالقطيف /www.qasweb.org
- موقع جمعية الفلك بجدة
- موقع جمعية هواة الفلك السورية
- موقع جمعية الإمارات للفلك /www.falak.ae
- منتديات ستار تايمز www.startimes2.com
- ملتقى الفيزيائيين العرب
- منتدى الفيزياء التعليمي


فيزياء الكون
الحديثة
Bibliotheca Alexandrina
1126309